

Monitoring Instrumentalny i nowe metody badań osuwisk

**Tomasz Wojciechowski, PIG-PIB
Piotr Nescieruk, PIG-PIB**

**Oddział Karpacki PIG-PIB
KRAKÓW, 17-18 maja 2017 r.**



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy



Narodowy Fundusz
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej



ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA
z dnia 20 czerwca 2007 r.

w sprawie informacji dotyczących ruchów masowych ziemi

§ 3. 1. Dla terenów, na których wystąpiły ruchy masowe ziemi, oraz dla terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi mogącymi spowodować albo **powodującymi bezpośrednie zagrożenie dla życia ludzi, infrastruktury technicznej lub komunikacyjnej prowadzi się obserwacje, zwane dalej "monitoringiem"**.

2. Dla prowadzenia monitoringu określa się liczbę i rodzaj punktów obserwacyjnych, na podstawie ustaleń, o których mowa w § 2 ust. 1.

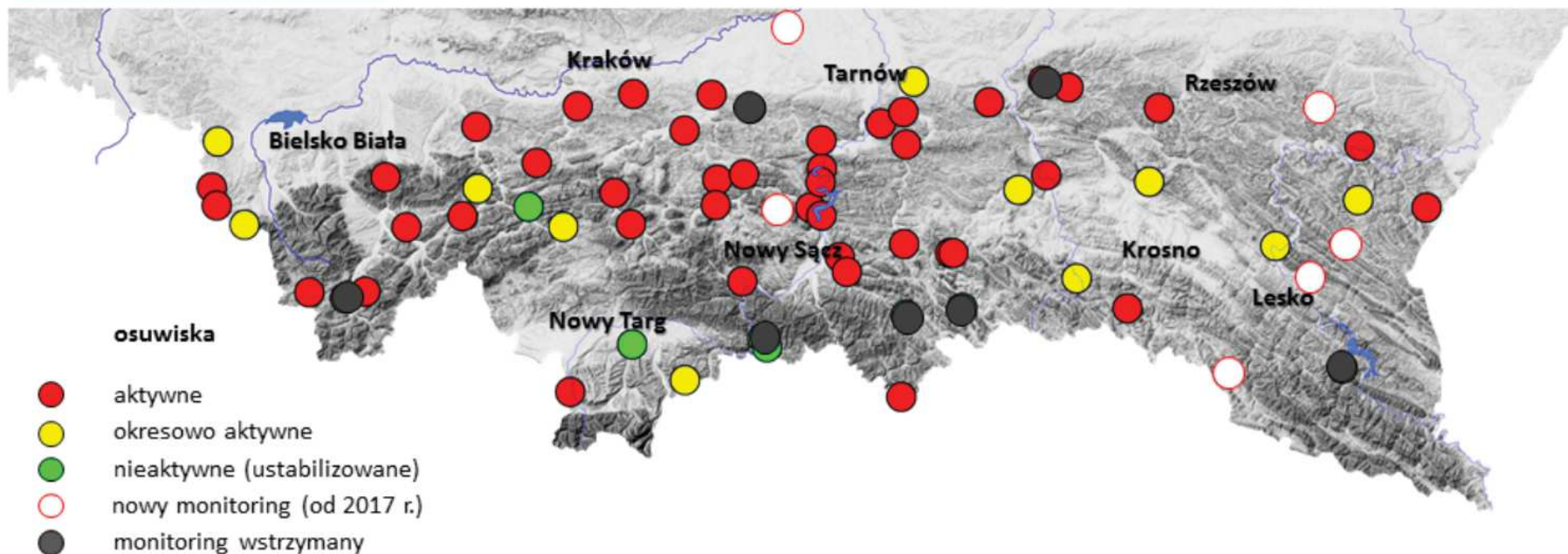
3. Dla terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi oraz dla terenów, na których wystąpiły te ruchy, prowadzi się monitoring polegający na pomiarach powierzchniowego ruchu mas ziemnych w celu określenia prędkości i charakteru tego przemieszczania przy zastosowaniu w szczególności **metod geodezyjnych**.

3. Dla terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi oraz dla terenów, na których wystąpiły te ruchy, prowadzi się monitoring polegający na pomiarach powierzchniowego ruchu mas ziemnych w celu określenia prędkości i charakteru tego przemieszczania przy zastosowaniu w szczególności **metod geodezyjnych**.

4. W przypadku gdy monitoring, o którym mowa w ust. 3, jest niewystarczający dla określenia szybkości i zasięgu przemieszczania mas ziemnych, prowadzi się **monitoring polegający na pomiarach wglębnego ruchu mas ziemnych** w celu rozpoznania liczby, rodzaju i głębokości położenia powierzchni poślizgu.

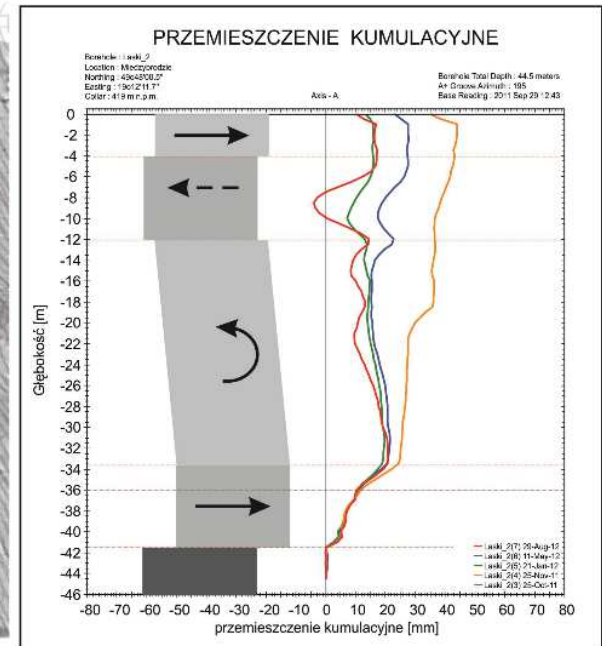
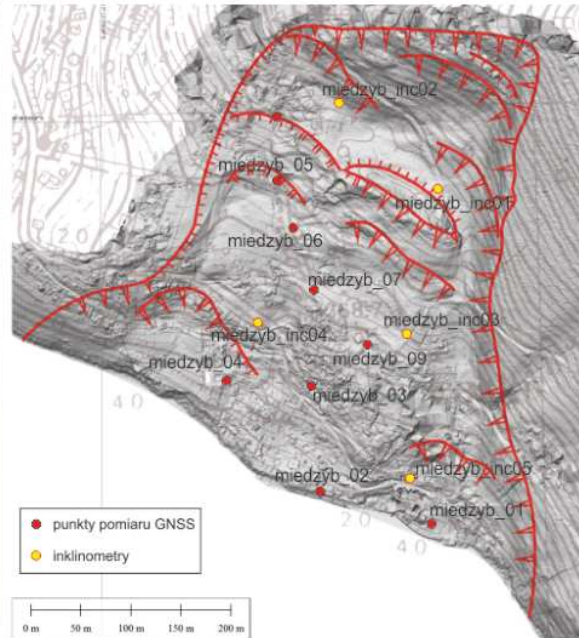
5. Monitoring, o którym mowa w ust. 1, prowadzi się co najmniej dwa razy w roku (w okresach: marzec-kwiecień oraz wrzesień-październik) oraz każdorazowo po wystąpieniu ekstremalnych zjawisk przyrodniczych, które mogą spowodować ruchy masowe ziemi.

6. Wyniki monitoringu wprowadza się do rejestru.

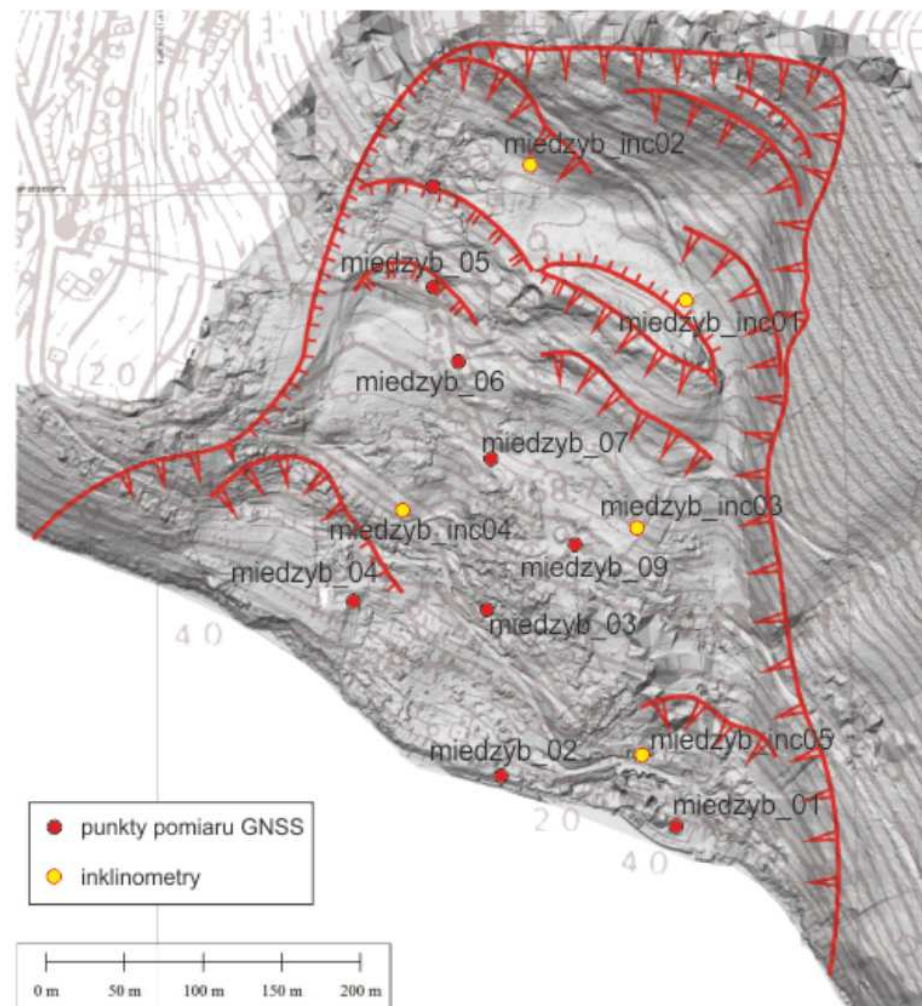


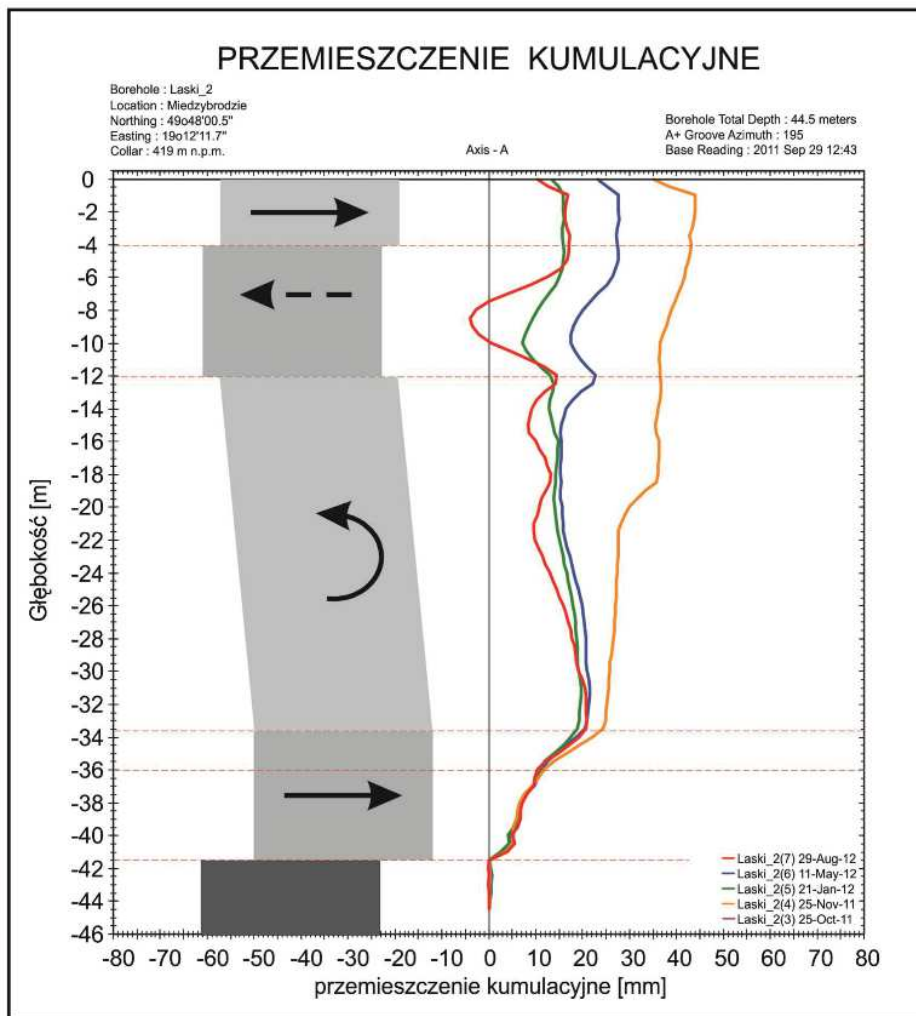
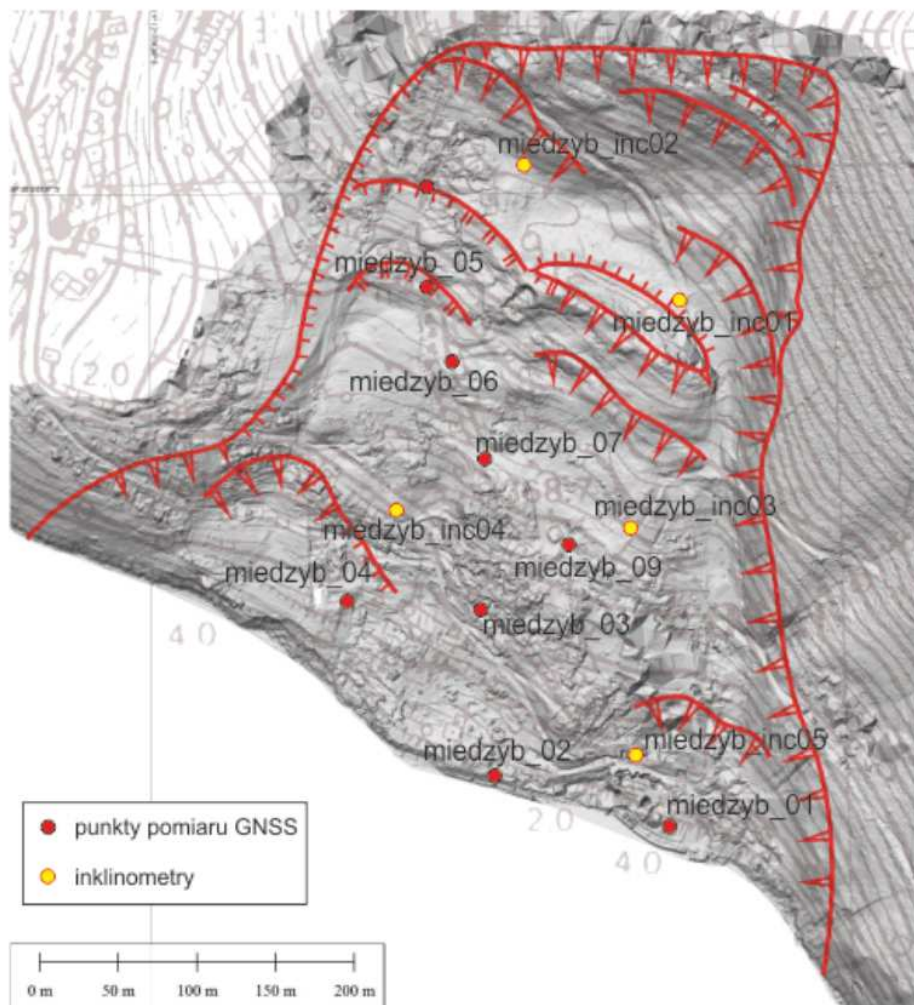
Lokalizacja osuwisk monitorowanych w ramach SOPO etap III

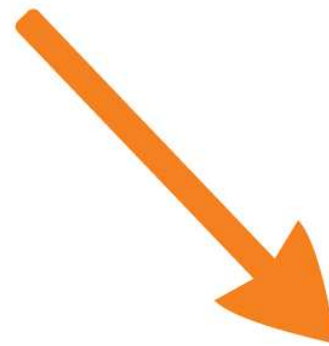
Rozpoznanie osuwiska



przykład osuwiska "Łaski"
w Międzybrodziu Białskim







monitoring powierzchniowy



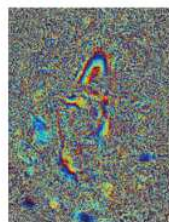
GNSS



naziemny
skaning
laserowy



lotniczy
skaning
laserowy



satelitarna
interferometria
radarowa

2018

monitoring wgłębny

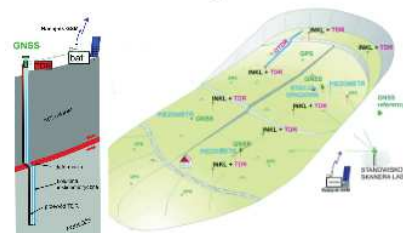


inklinometr



limnimetr

monitoring online



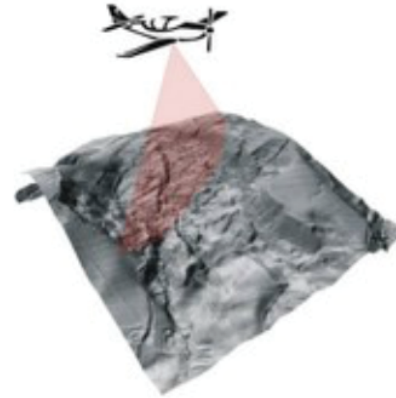
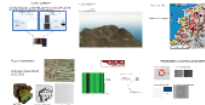
monitoring powierzchniowy



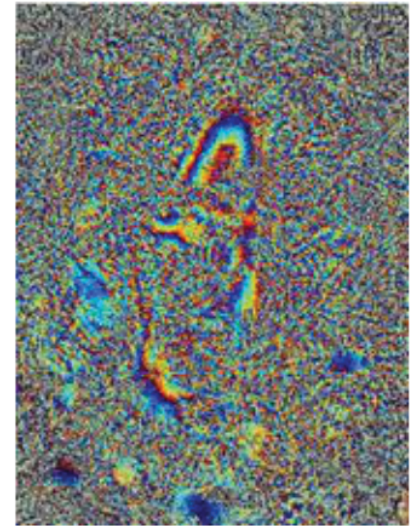
GNSS



naziemny
skaning
laserowy



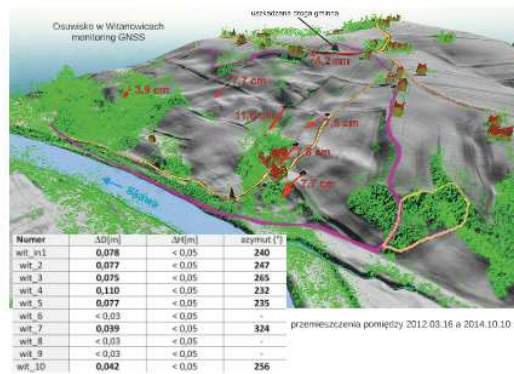
lotniczy
skaning
laserowy



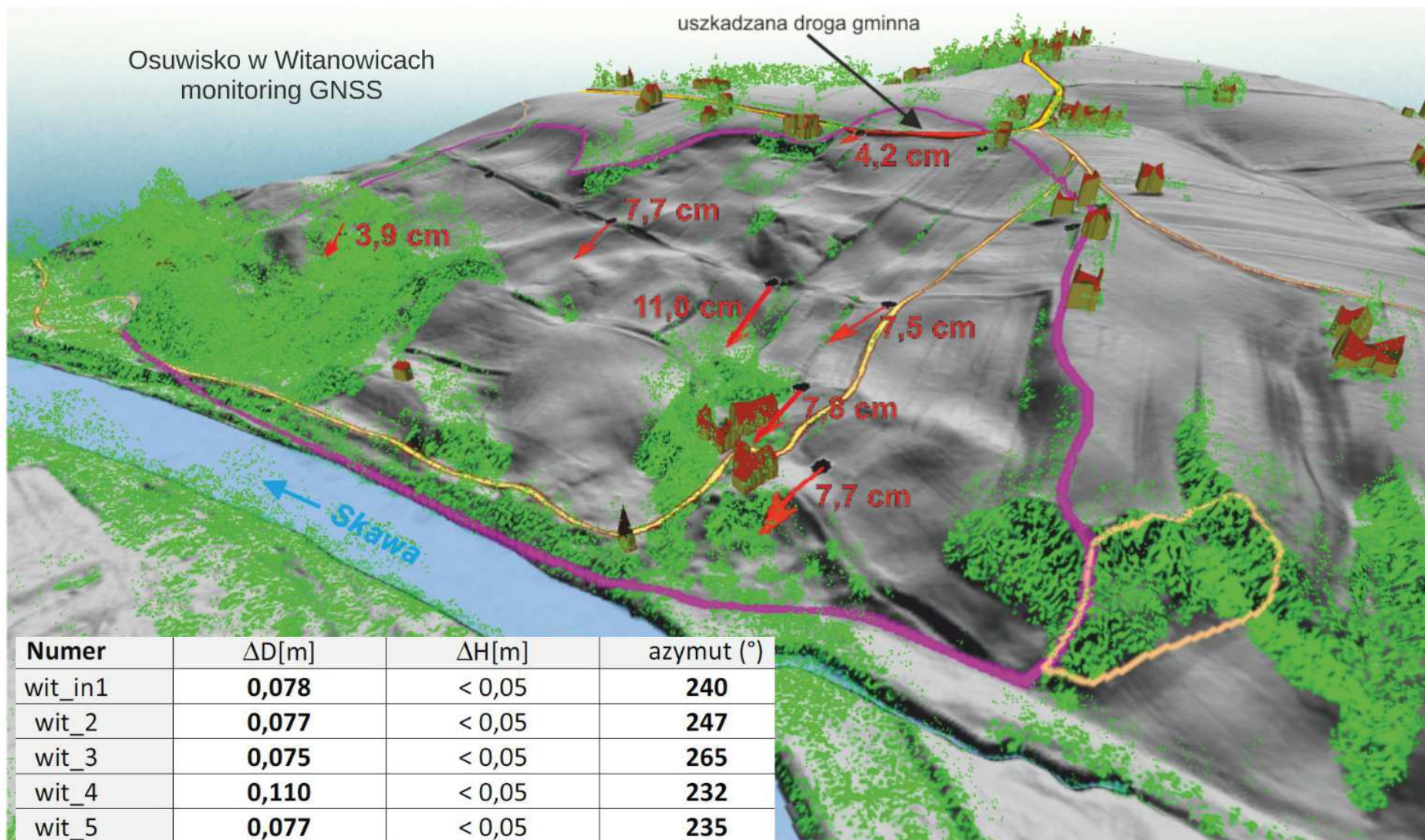
satelitarna
interferometria
radarowa



GNSS



Osuwisko w Witanowicach
monitoring GNSS

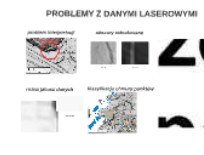
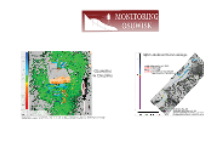
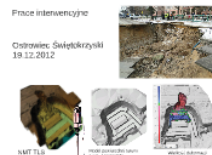
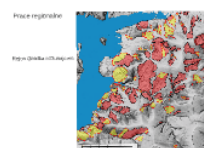
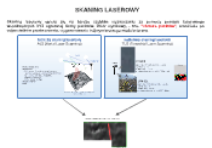


Numer	$\Delta D[m]$	$\Delta H[m]$	azymut (°)
wit_in1	0,078	< 0,05	240
wit_2	0,077	< 0,05	247
wit_3	0,075	< 0,05	265
wit_4	0,110	< 0,05	232
wit_5	0,077	< 0,05	235
wit_6	< 0,03	< 0,05	-
wit_7	0,039	< 0,05	324
wit_8	< 0,03	< 0,05	-
wit_9	< 0,03	< 0,05	-
wit_10	0,042	< 0,05	256

przemieszczenia pomiędzy 2012.03.16 a 2014.10.10

naziemny skaning laserowy

lotniczy skaning laserowy



SKANING LASEROWY

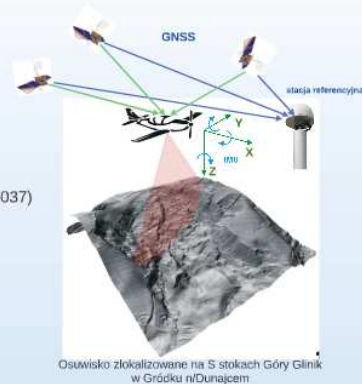
Skaning laserowy opiera się na bardzo szybkim wyznaczaniu za pomocą pomiaru laserowego współrzędnych XYZ ogromnej liczby punktów. Zbiór wynikowy, - tzw. **"chmura punktów"**, umożliwia po odpowiednim przetworzeniu, wygenerowanie trójwymiarowego modelu terenu.

lotniczy skaning laserowy ALS (Aerial Laser Scanning)

Źródła danych ALS: współpraca

- Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu (projekt badawczy - MNiSW N N526 146037)
- Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
- ProGea Consulting
- Urząd Miasta Kraków

zlecenia własne ISOK



naziemny skaning laserowy TLS (Terrestrial Laser Scanning)

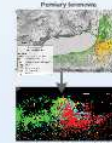


VZ-1000

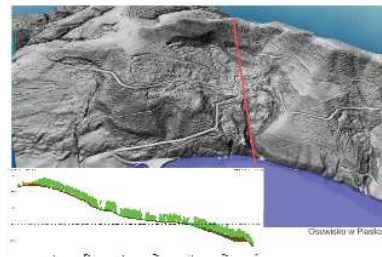
typ skanera: impulsowy, full waveform
zasięg: 1400 m
dokładność: ~ 5 mm
prędkość skanowania: do 122 000 pkt/sek

LPM-321

typ skanera: impulsowy, full waveform
zasięg: 6000 m
dokładność: ~ 25 mm
prędkość skanowania: do 1 000 pkt/sek



Klasyfikacja chmury punktów i generowanie numerycznych modeli terenu



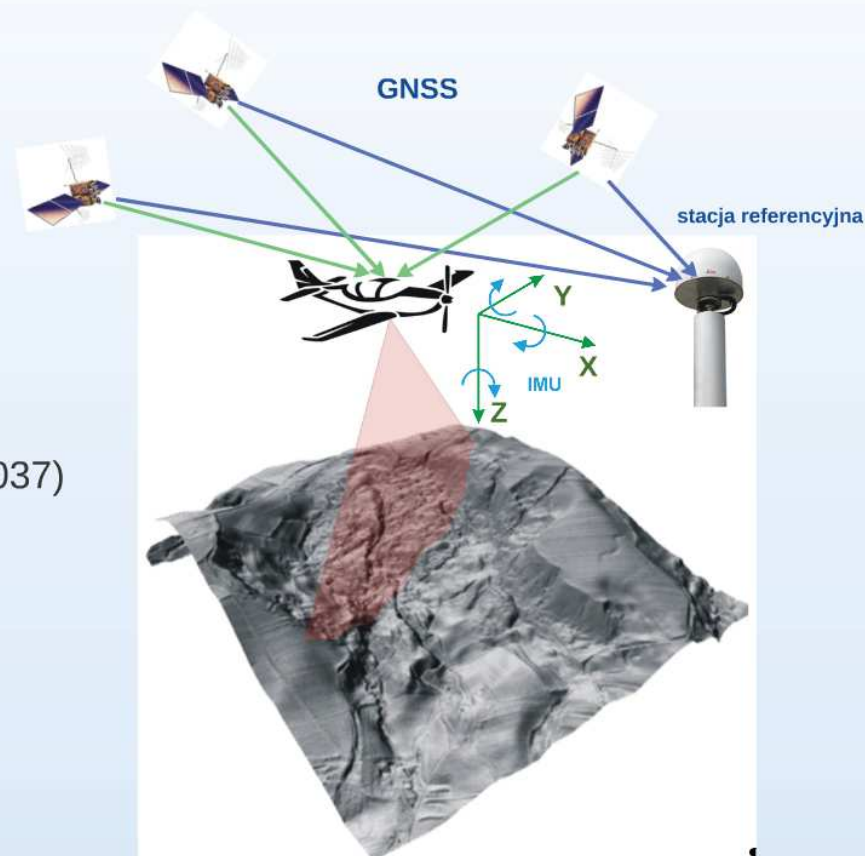
lotniczy skaniny laserowy

ALS (Aerial Laser Scanning)

Źródła danych ALS: współpraca

- Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
(projekt badawczy - MNiSW N N526 146037)
- Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
- ProGea Consulting
- Urząd Miasta Kraków

zlecenia własne
ISOK



Osuwisko zlokalizowane na S stokach Góry Glinik
w Gródku n/Dunajcem

naziemny skaniny laserowy

TLS (Terrestrial Laser Scanning)

GNSS



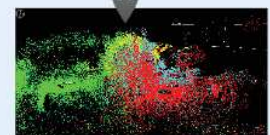
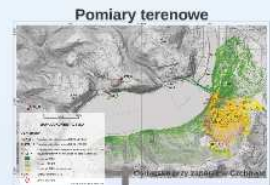
VZ-1000

typ skanera: impulsowy, full waveform
zasięg: 1400 m
dokładność: ~ 5 mm
prędkość skanowania: do 122 000 pkt/sek



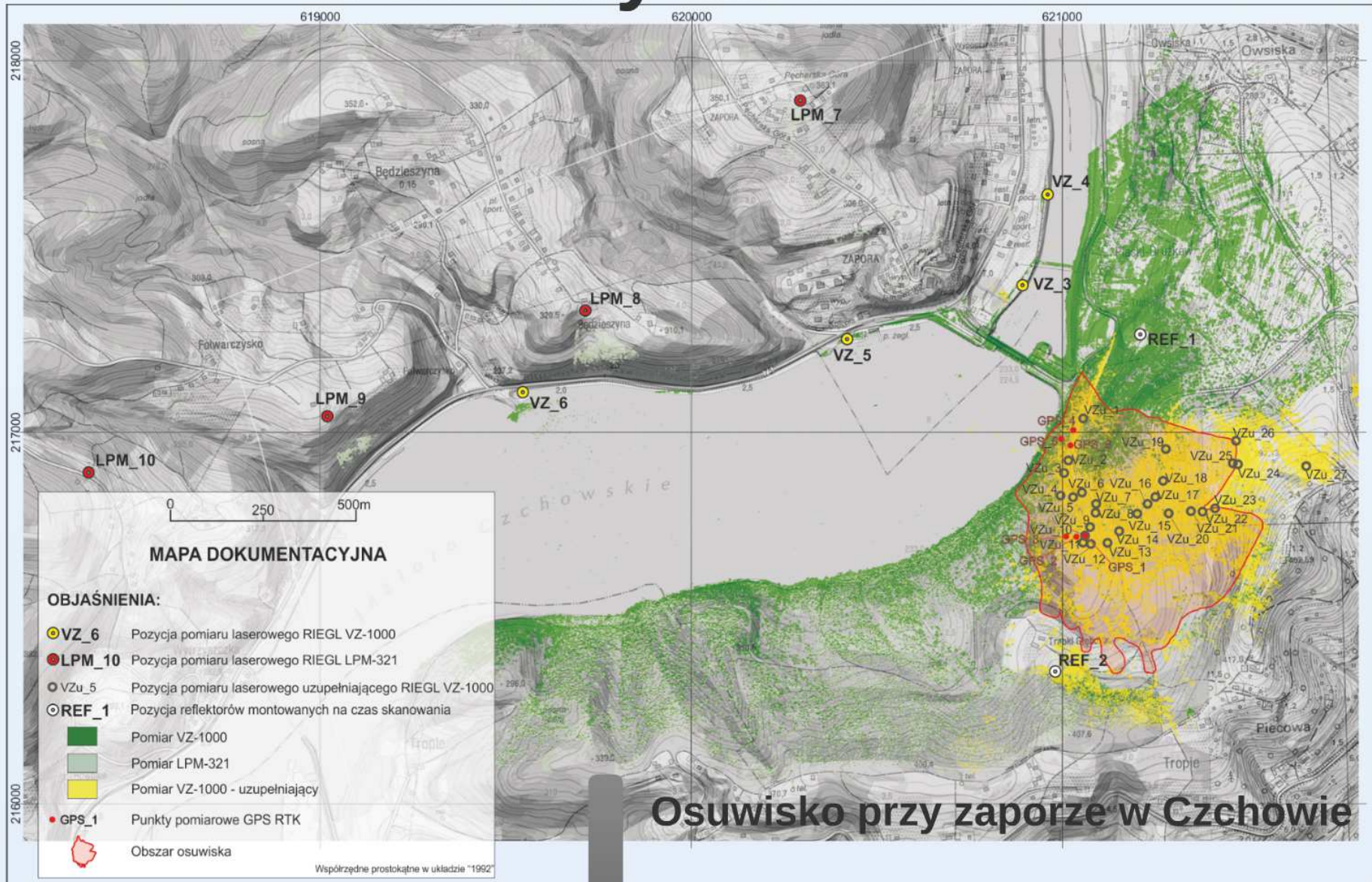
LPM-321

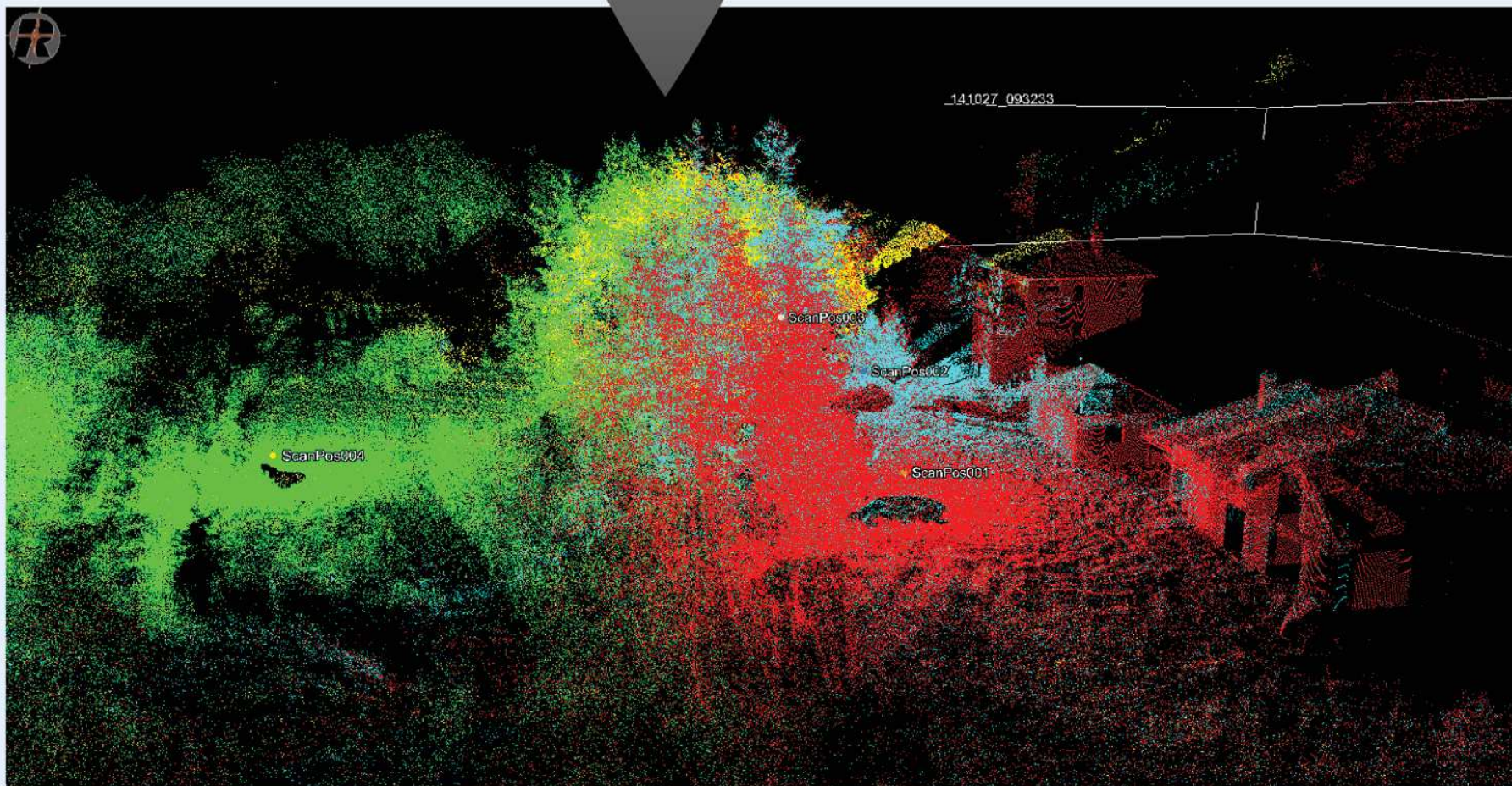
typ skanera: impulsowy, full waveform
zasięg: 6000 m
dokładność: ~ 25 mm
prędkość skanowania: do 1 000 pkt/sek



Wzajemna rejestracja skanów

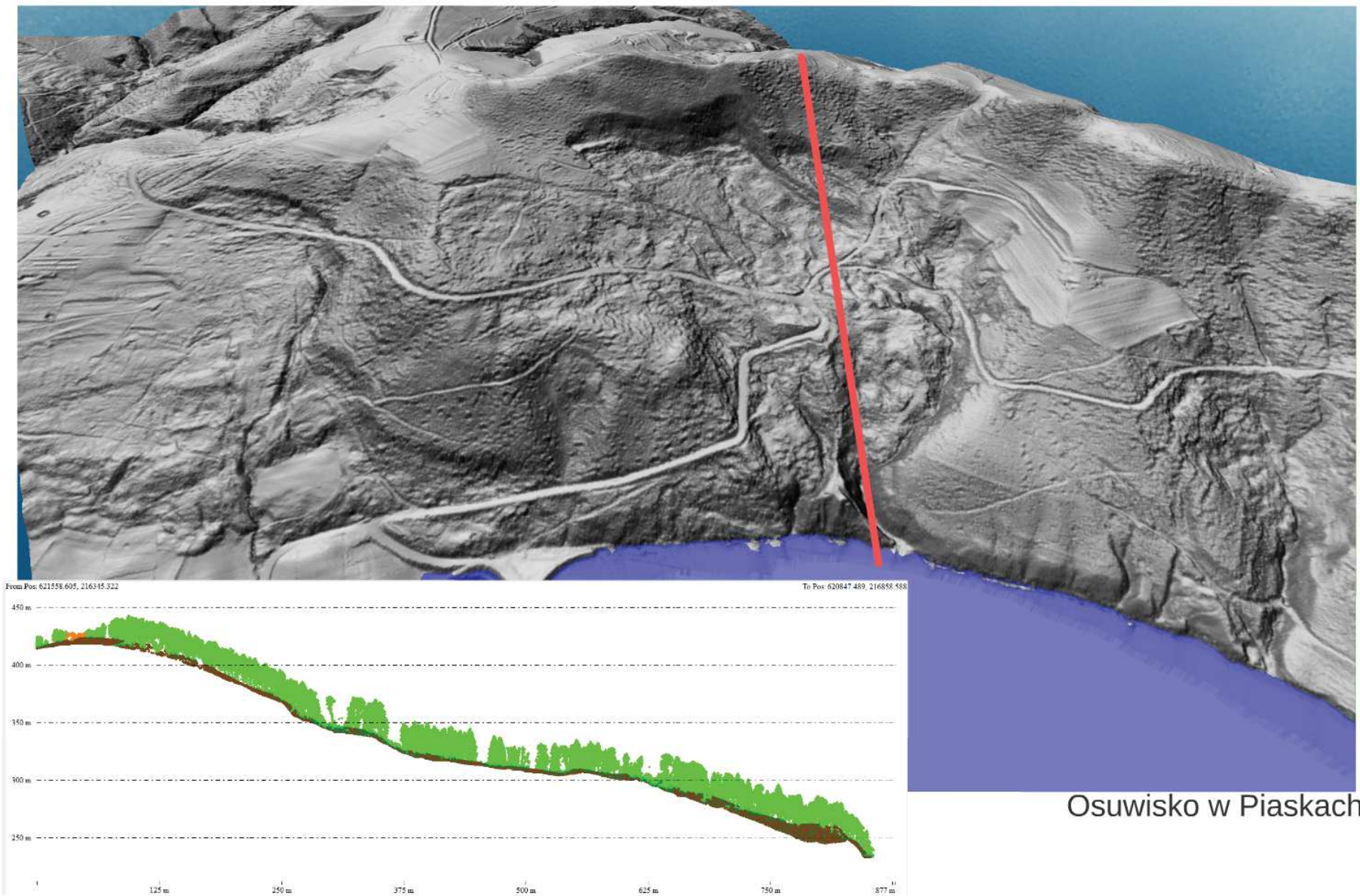
Pomiary terenowe





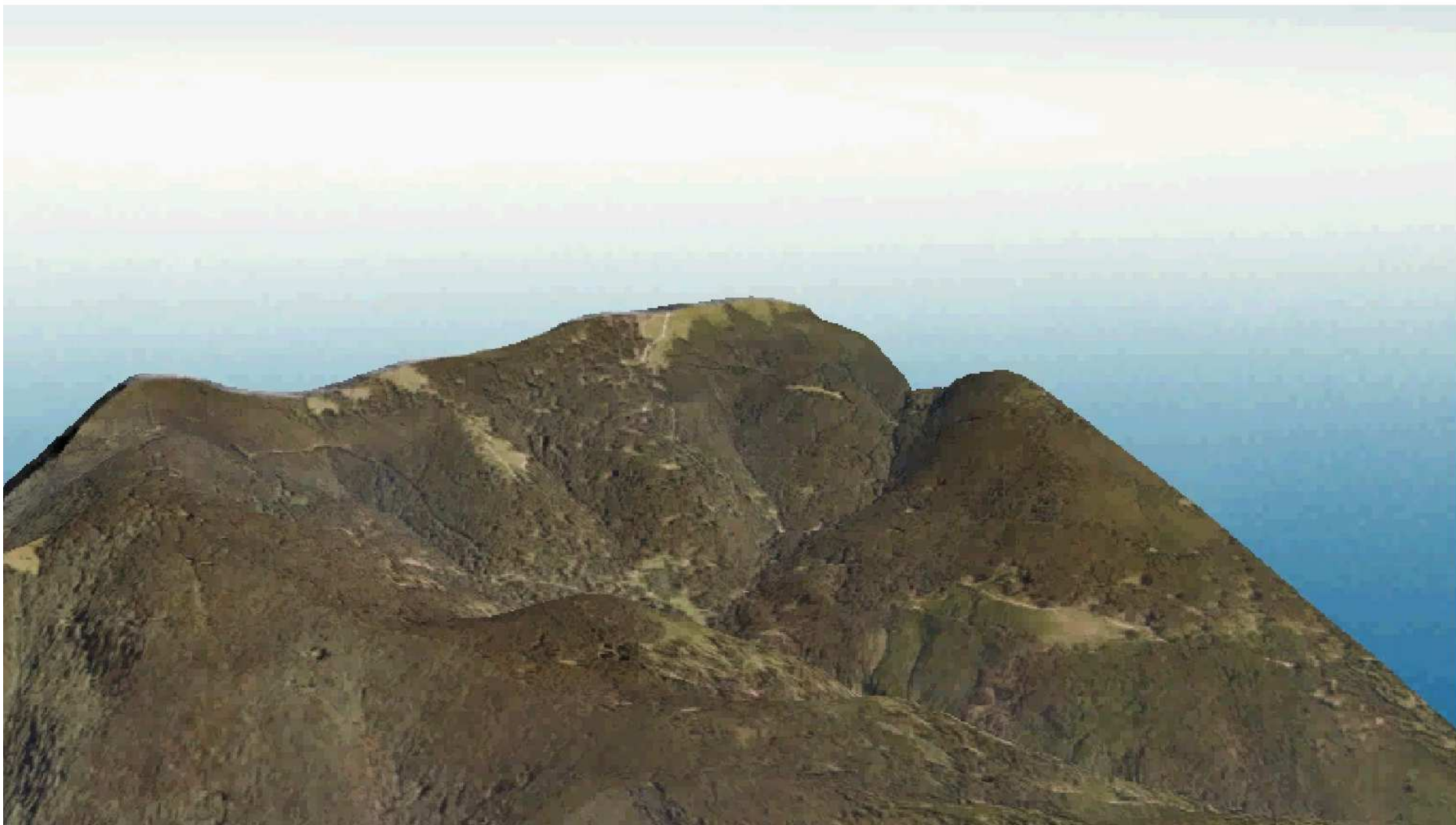
Wzajemna rejestracja skanów

Klasyfikacja chmury punktów i generowanie numerycznych modeli terenu



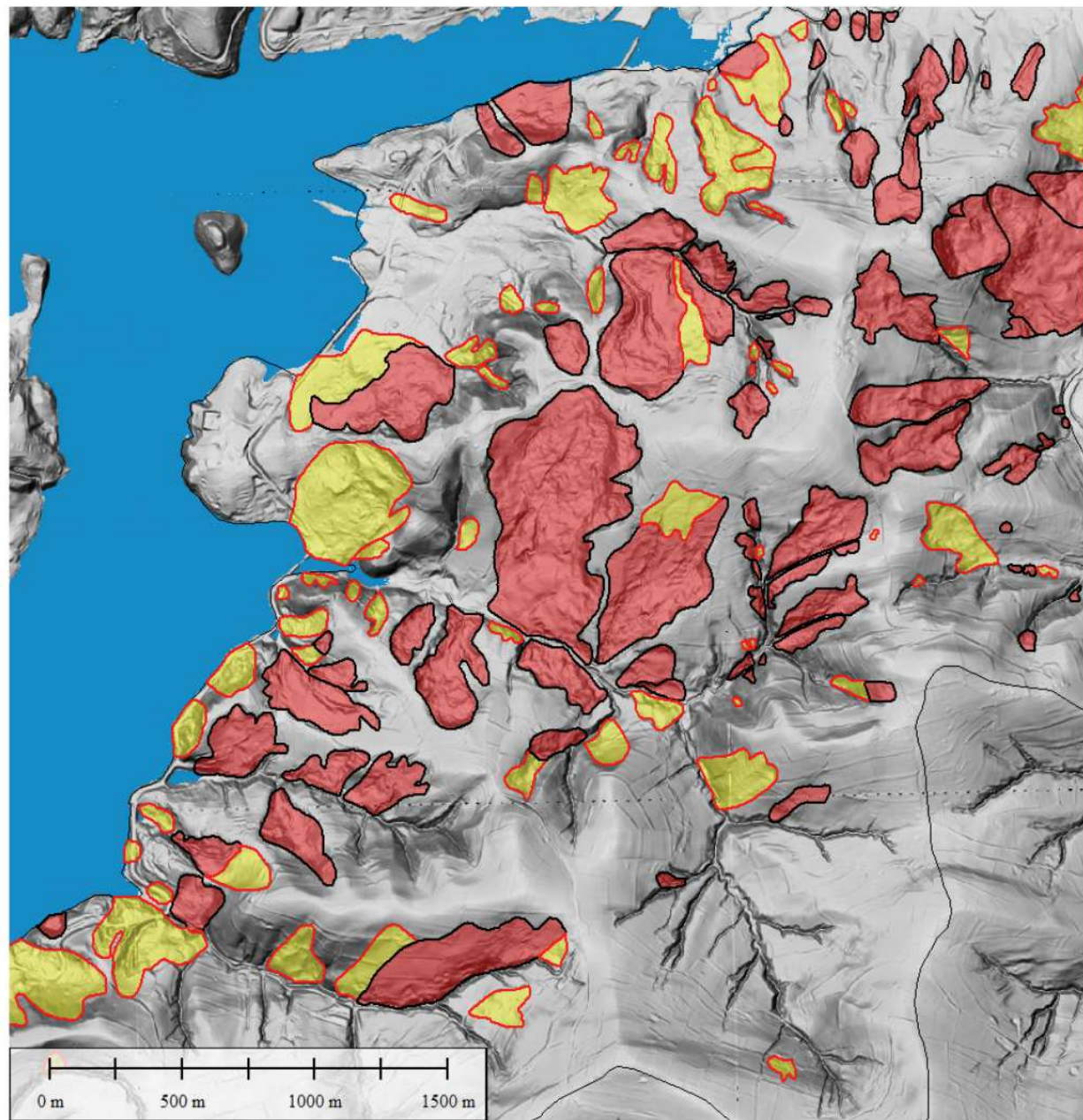
Osuwisko w Piaskach

Obszar BPN
(granica gmin Jabłonka i Zawoja)



Prace regionalne

Rejon Gródka n/Dunajcem



Prace interwencyjne

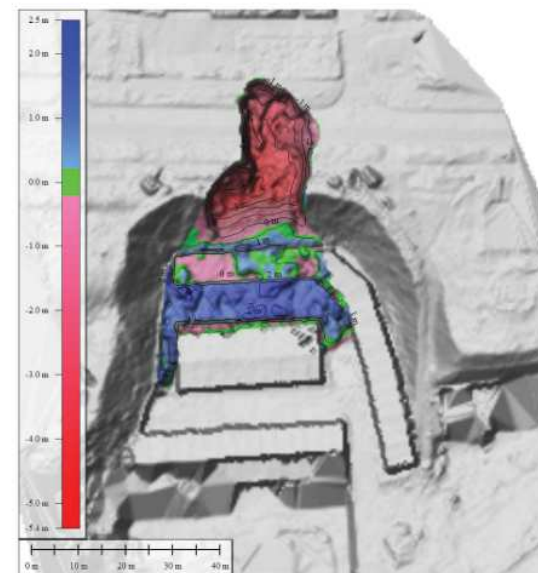
Ostrowiec Świętokrzyski
19.12.2012



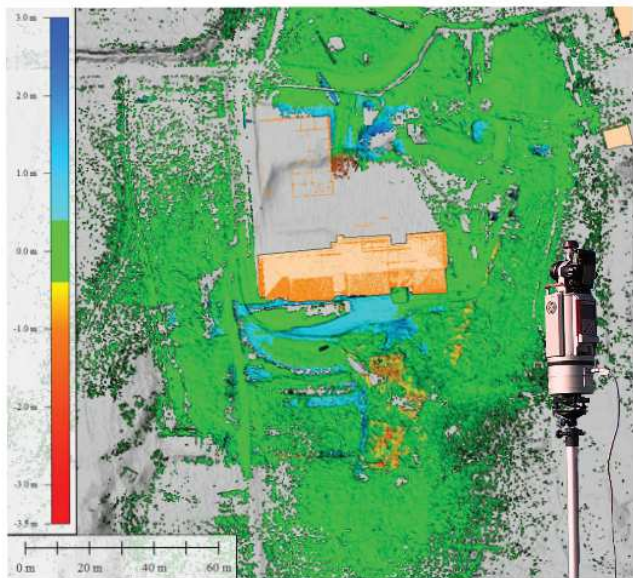
NMT TLS



Model powierzchni terenu
z przed katastrofy

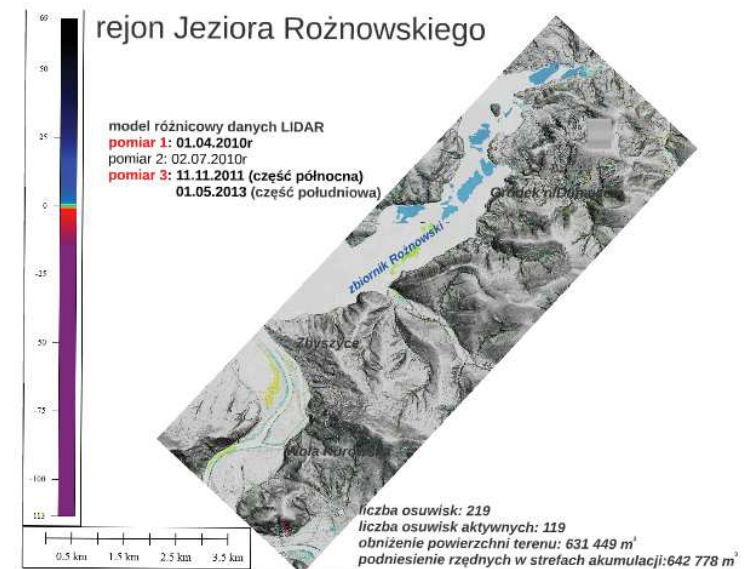


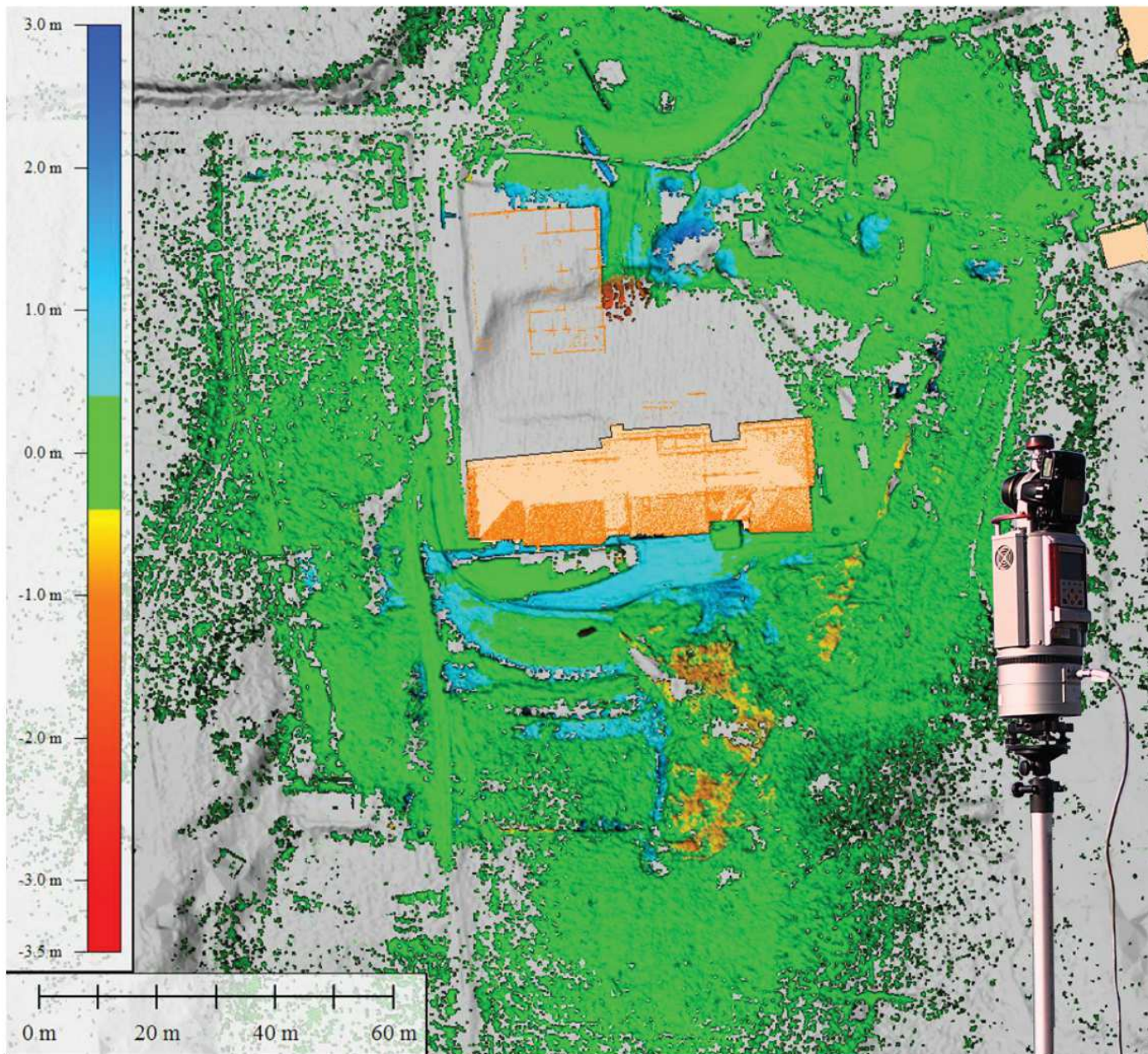
Wielkość deformacji
objętość kolumny = około 1600 m³



Osuwisko
w Chojniku

Model różnicowy pomiędzy: 2011.11.18 a 2015.04.29 (naziemny skaniny laserowy)





Osuwisko w Chojniku

Model różnicowy pomiędzy: 2011.11.18 a 2015.04.29 (naziemny skanowanie laserowe)

rejon Jeziora Rożnowskiego

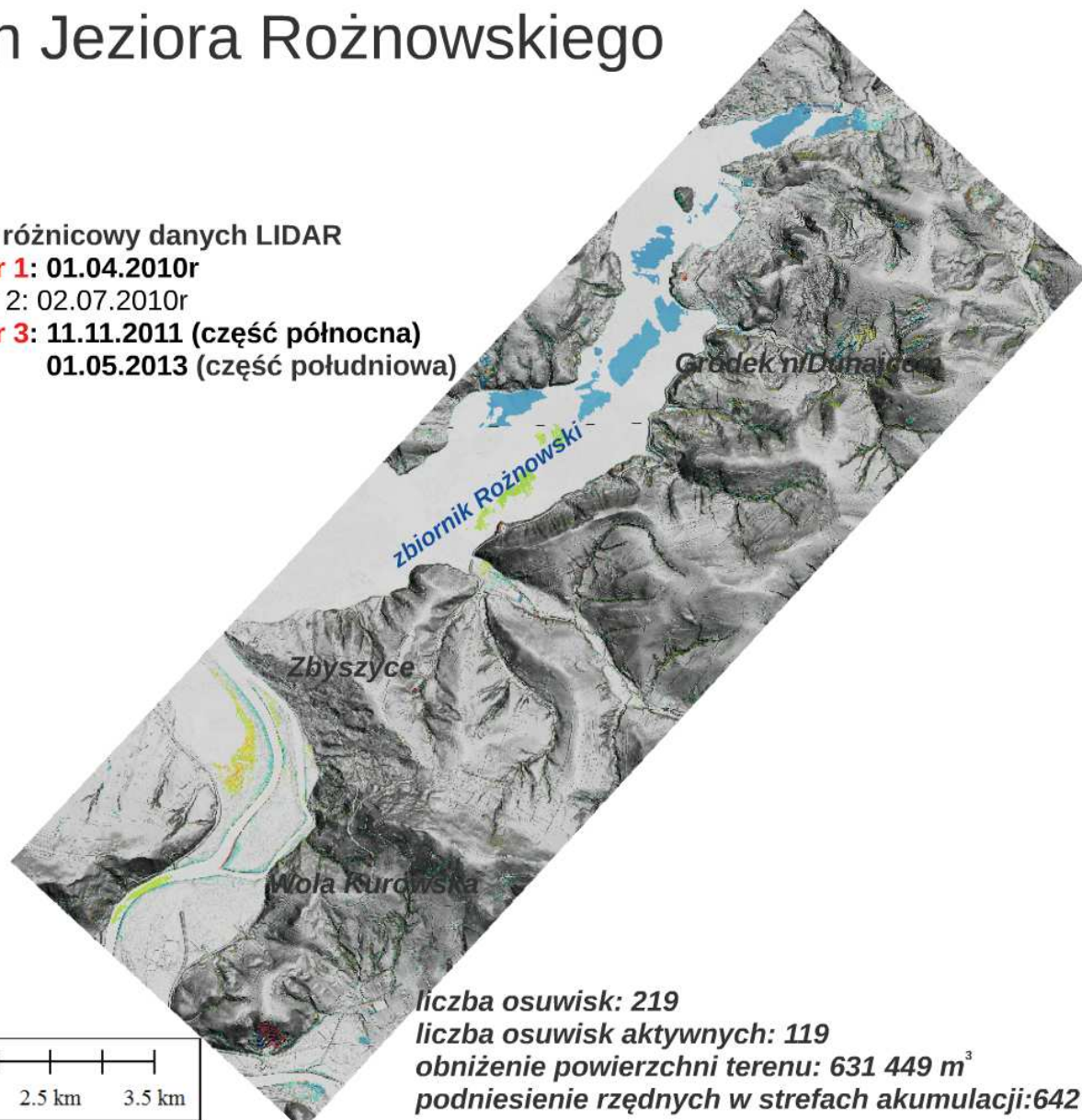
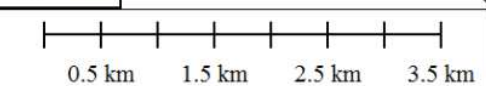
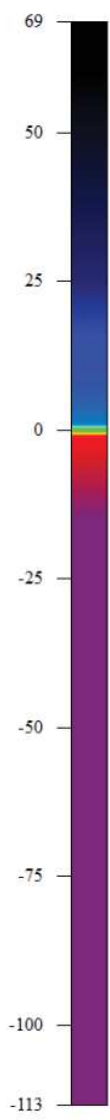
model różnicowy danych LIDAR

pomiar 1: 01.04.2010r

pomiar 2: 02.07.2010r

pomiar 3: 11.11.2011 (część północna)

01.05.2013 (część południowa)

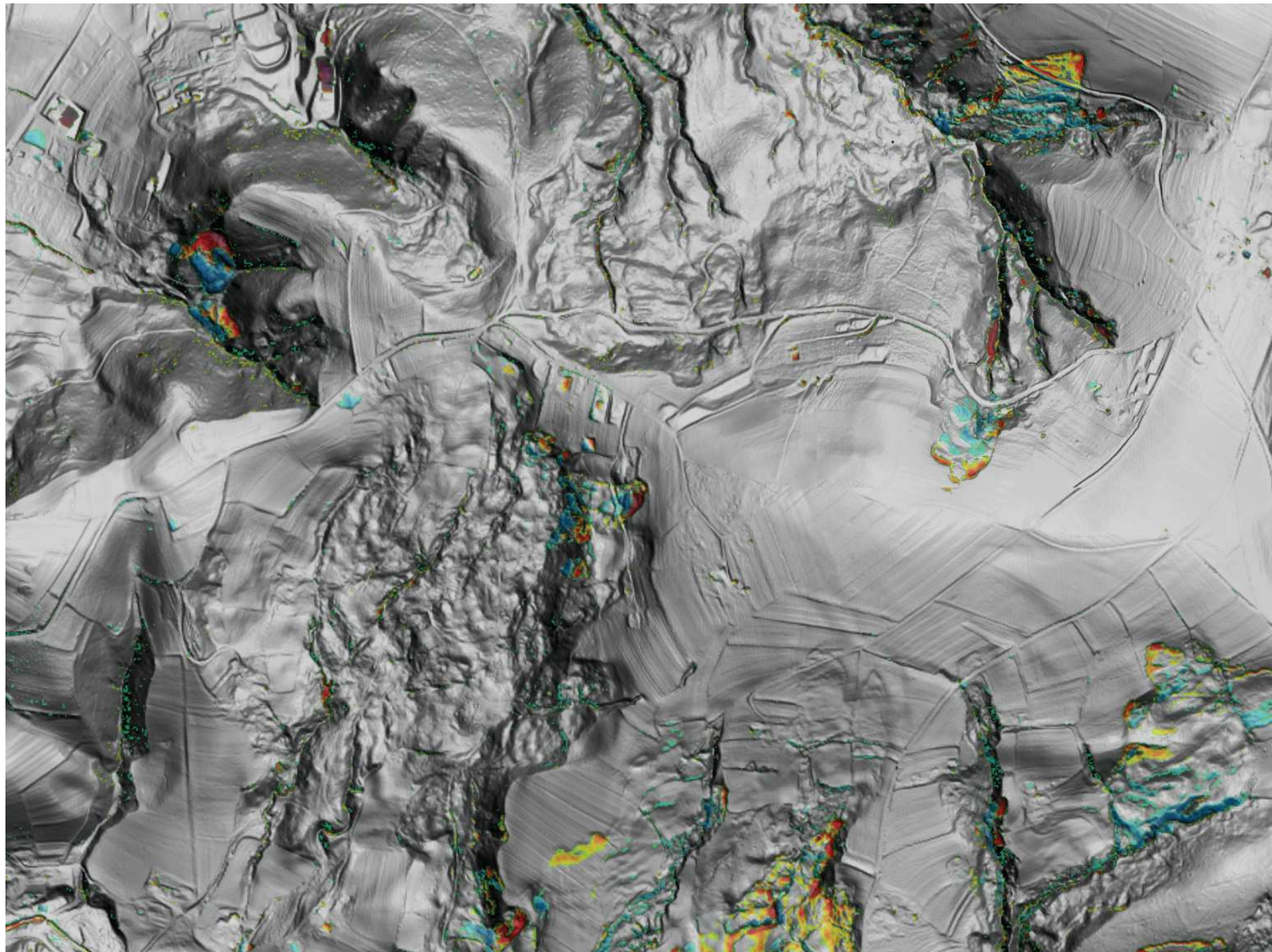


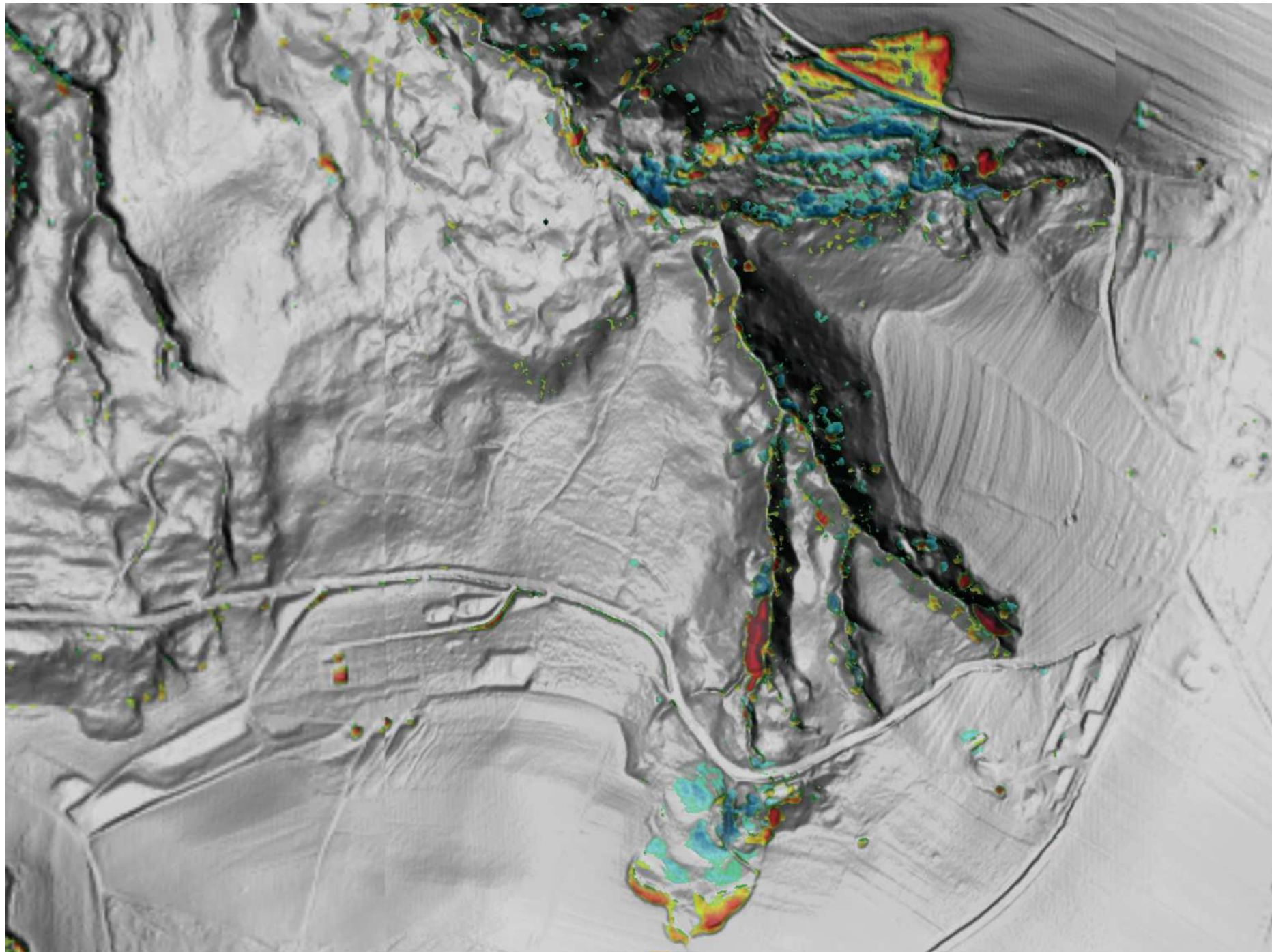
liczba osuwisk: 219

liczba osuwisk aktywnych: 119

obniżenie powierzchni terenu: 631 449 m³

podniesienie rzędnych w strefach akumulacji: 642 778 m³





PROBLEMY Z DANYMI LASEROWYMI

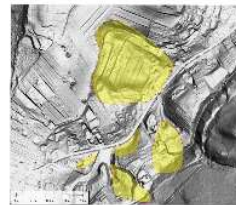
problem interpretacji



obszary zabudowane



Brenna



Kraków



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

© 2006 Blackwell Publishing Ltd, *Journal of Internal Medicine* 260: 395–403

Procedura optymalnego przetwarzania danych z lotniczego skaningu laserowego pod kątem badań osuwisk –
opracowanie wstępne
(nie zweryfikowane w terenie)

dla tematu:

"System Ochrony Przeciwoślusiskowej SOPO Etap II - Kartowanie i wykonywanie map osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi dla obszaru Karpat polskich oraz monitorowanie wybranych osuwisk w Karpatach"

Opracowali:

dr Tomasz Wojciechowski
nr ape. VIII-0193

P. Marciniak
mgr Paweł Marciniak
ul. Lipińska 11
01-651 Warszawa
tel. 22 638 11 11
e-mail: pmarc@wp.pl

prof. dr hab. Antoni Wójcik
nr upr. VIII-0038

Krzysztof Karwacki
mgr Krzysztof Karwacki
nr upr. VIII-0169

Zbigniew Kuwalski
mgr inż. Zbigniew Kuwalski

Michalika Kornil
mgr Kornil Michalika
nr upr. VIII-0185

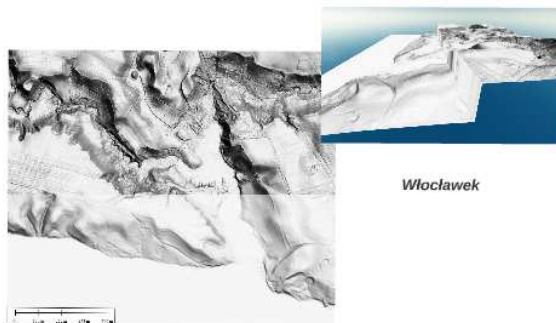
mgr inż. Andrzej Michalski

dr Piotr Nieszczyk
nr upr. VIII-0087

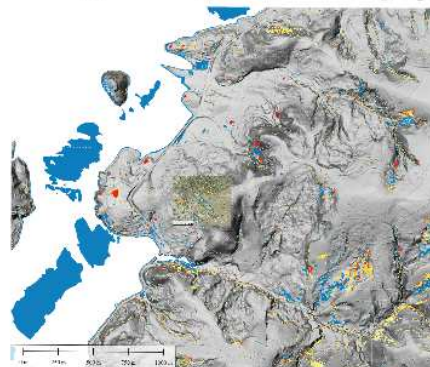
dr Zbigniew Perski

mgr inż. Maria Przyłucka

różna jakość danych



klasyfikacja chmury punktów

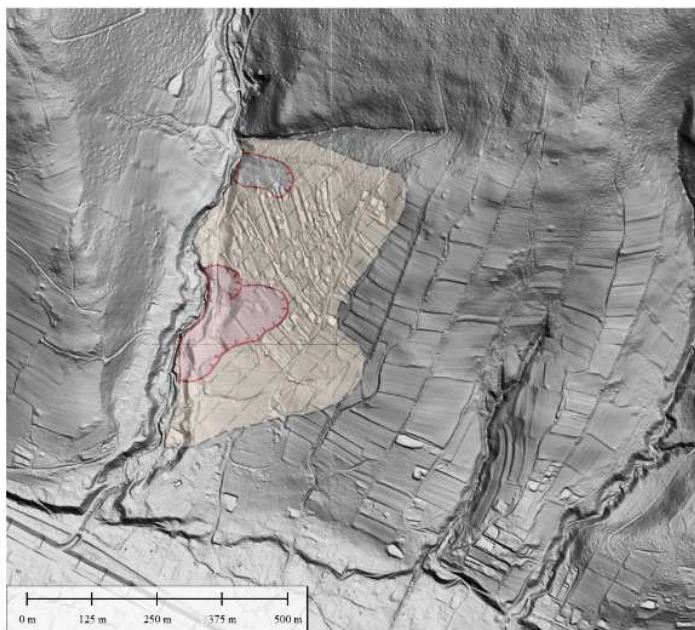


Kraków, 2015 r.

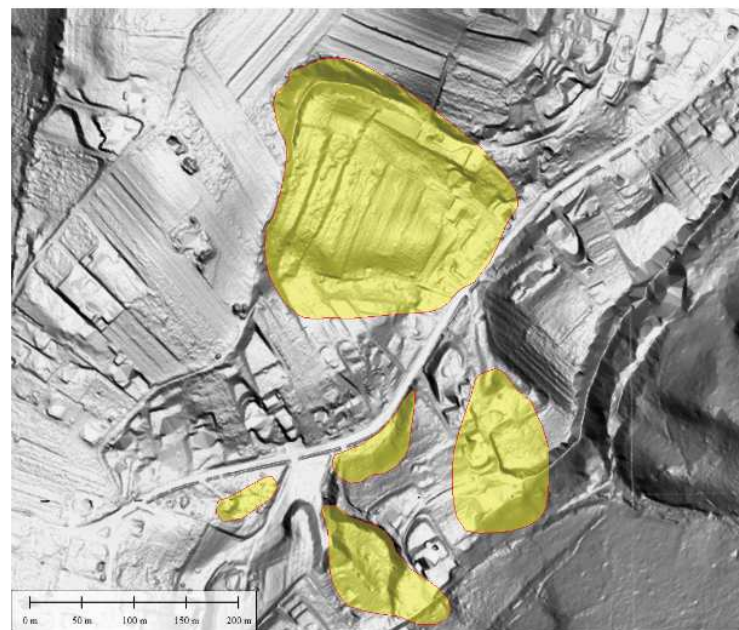
problem interpretacji



obszary zabudowane

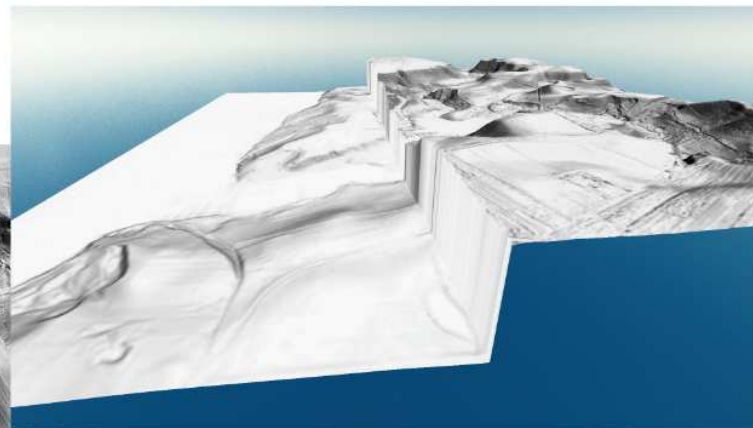
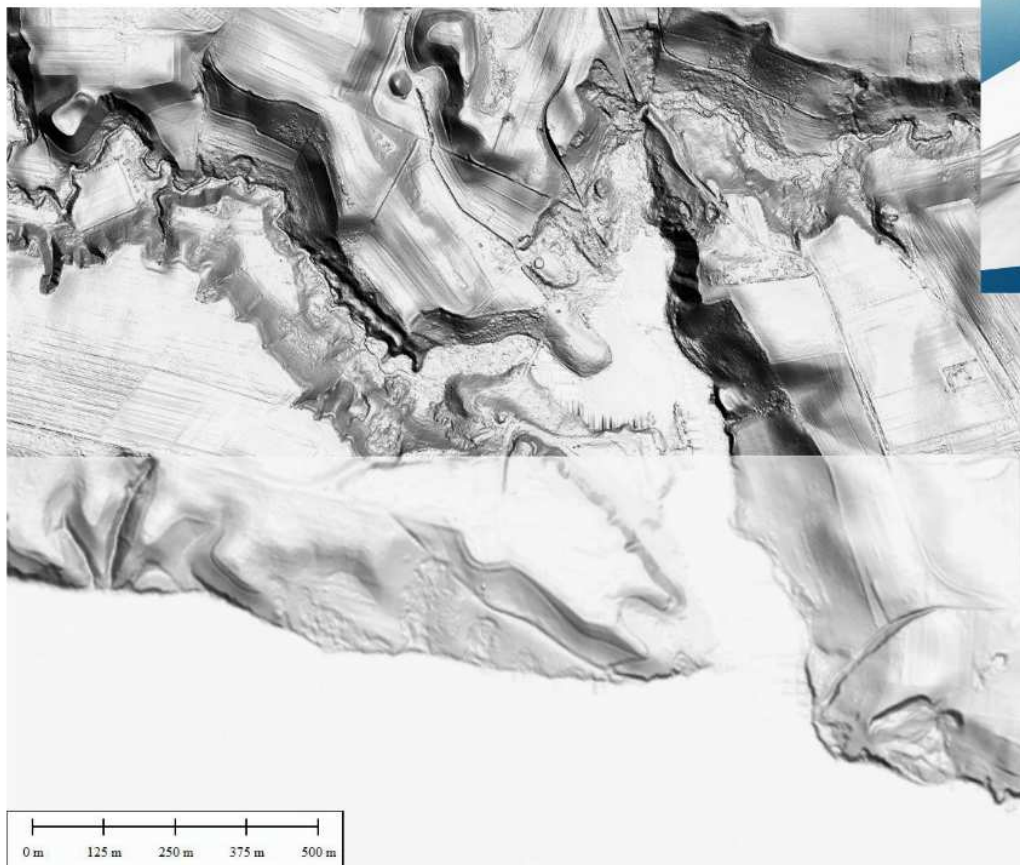


Brenna



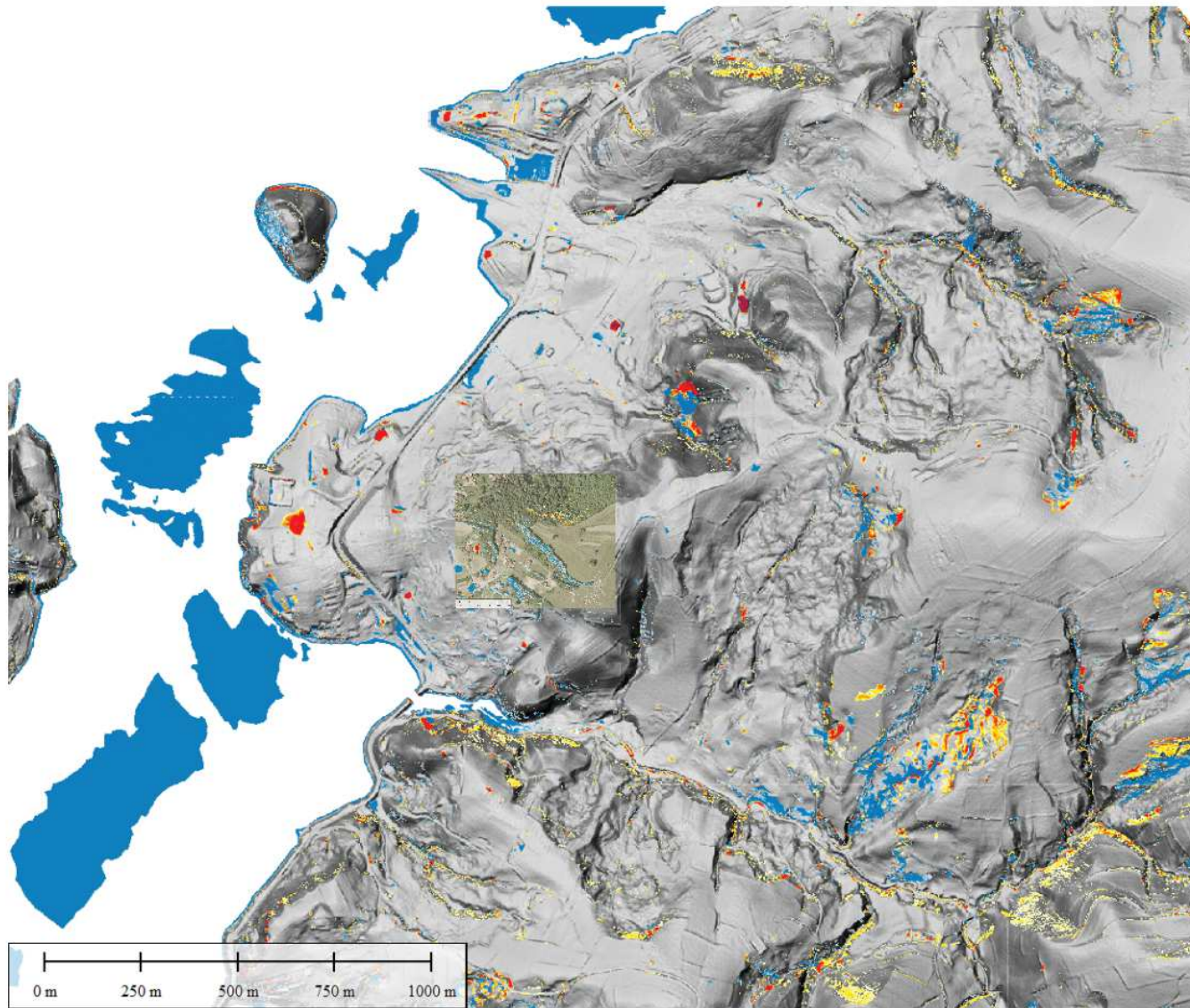
Kraków

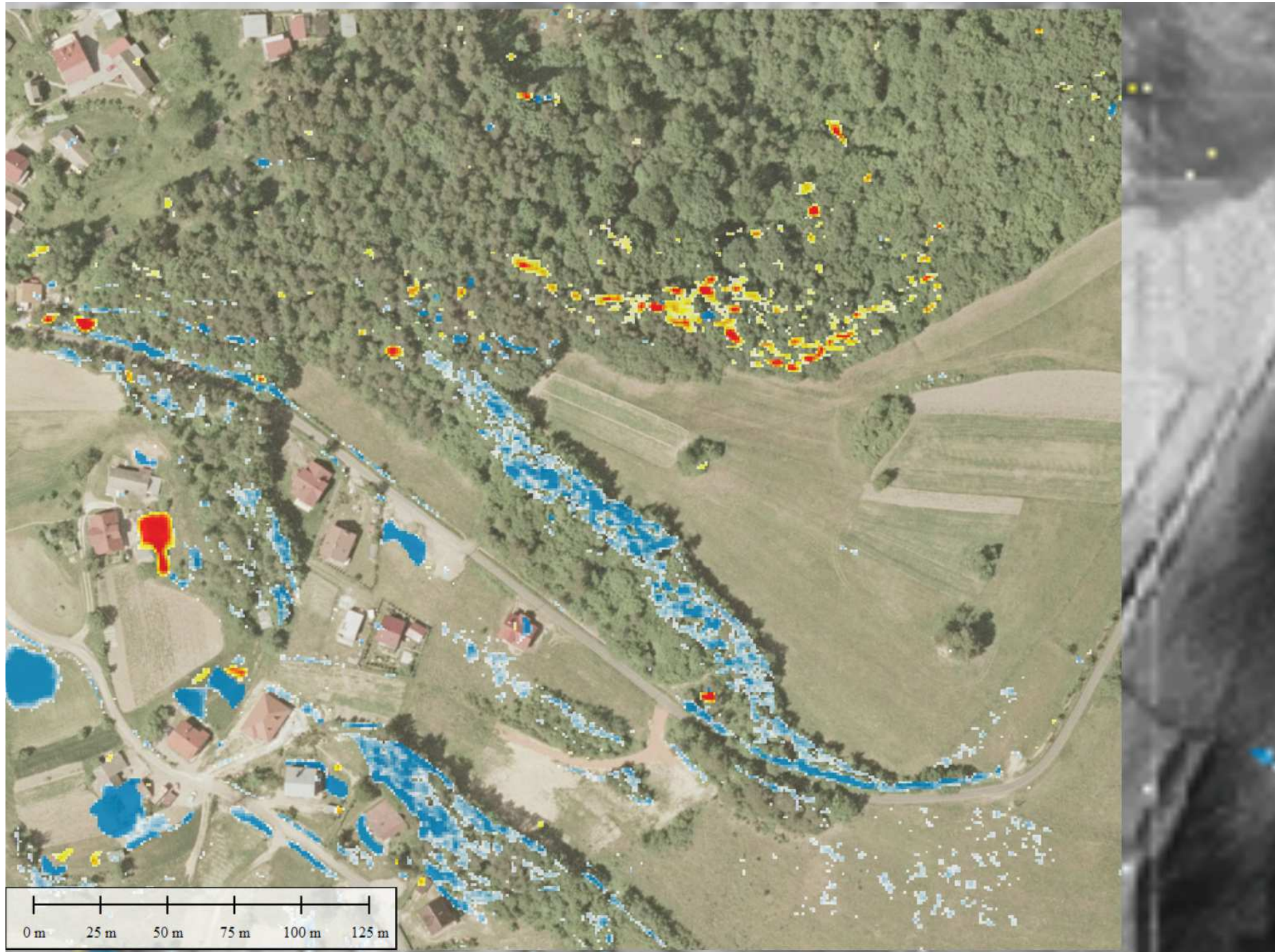
różna jakość danych

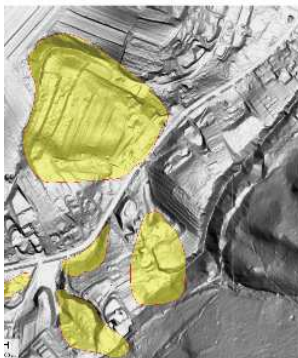


Włocławek

klasyfikacja chmury punktów







Kraków



państwowa służba
geologiczna

państwowa służba
hydrogeologiczna

Państwowy Instytut Geologiczny Państwowy Instytut Badawczy

ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa, tel. 22 45 92 000, fax 22 45 92 001, biuro@pgi.gov.pl
Sąd Rejonowy dla m. st. Warszawy w Warszawie, XIII Wydział Gospodarczy KRS, Nr 0000122099, NIP 525-000-80-40

www.pgi.gov.pl

Procedura optymalnego przetwarzania danych z lotniczego skaningu laserowego pod kątem badań osuwisk – opracowanie wstępne (nie zweryfikowane w terenie)

dla tematu:

*"System Ochrony Przeciwosuwiskowej SOPO Etap II - Kartowanie i wykonywanie map
osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi dla obszaru Karpat polskich oraz
monitorowanie wybranych osuwisk w Karpatach"*

Opracowali:

dr Tomasz Wojciechowski
nr upr. VIII-0193

mgr Paweł Marciniak
nr upr. VIII-0137

prof. dr hab. Antoni Wojcik
nr upr. VIII-0038

mgr Krzysztof Karwacki
nr upr. VIII-0169

mgr inż. Zbigniew Kowalski

mgr Kamil Michalik
nr upr. VIII-0185

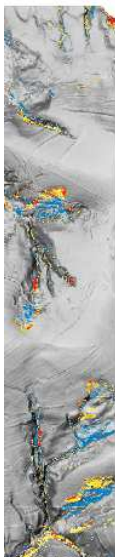
mgr inż. Andrzej Michalski

dr Piotr Nescieruk
nr upr. VIII-0087

mgr Zbigniew Perski

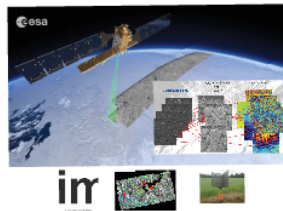
mgr inż. Maria Przyłucka

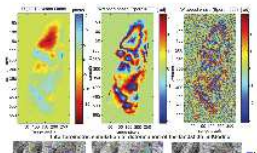
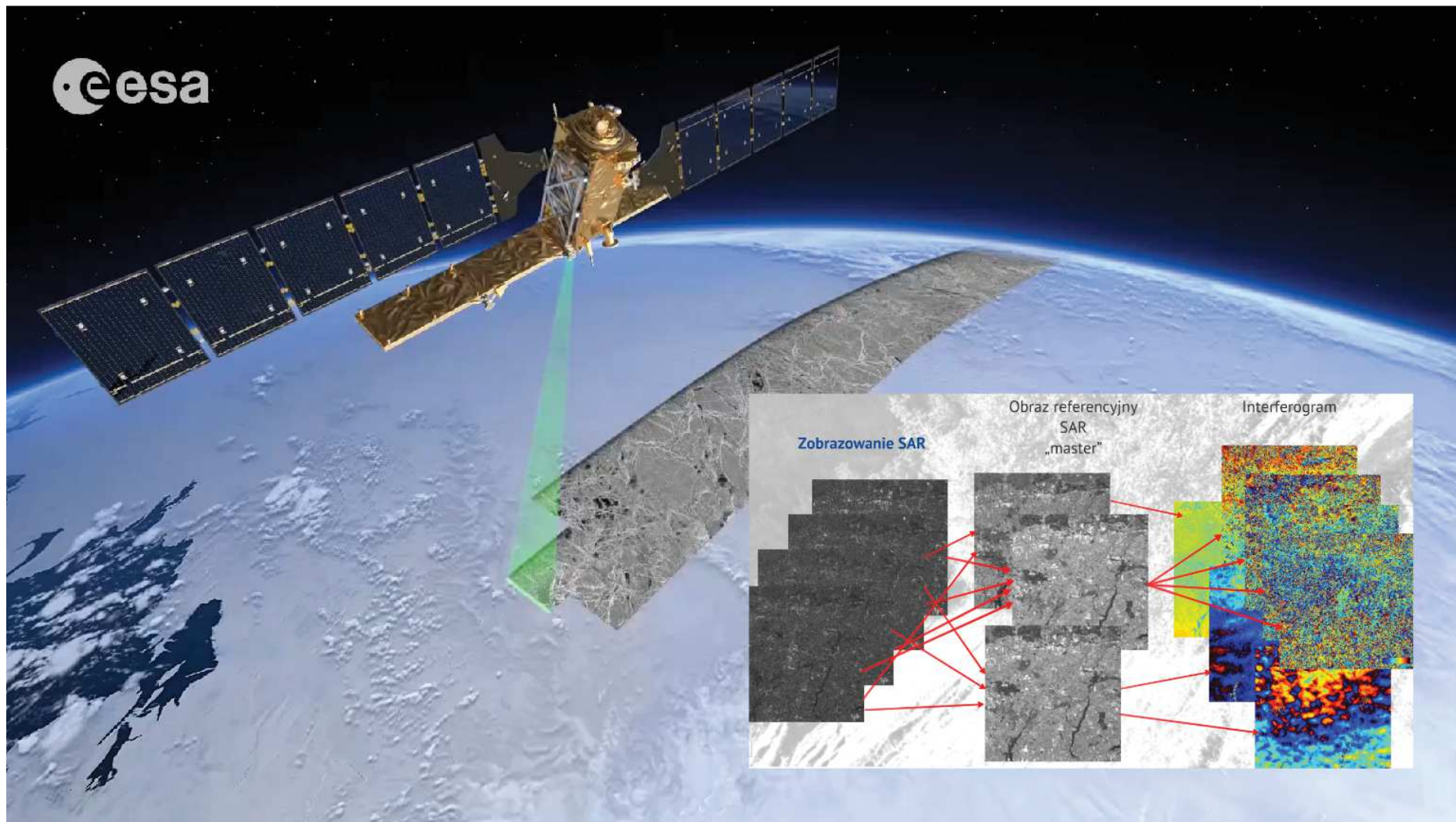
y punktów

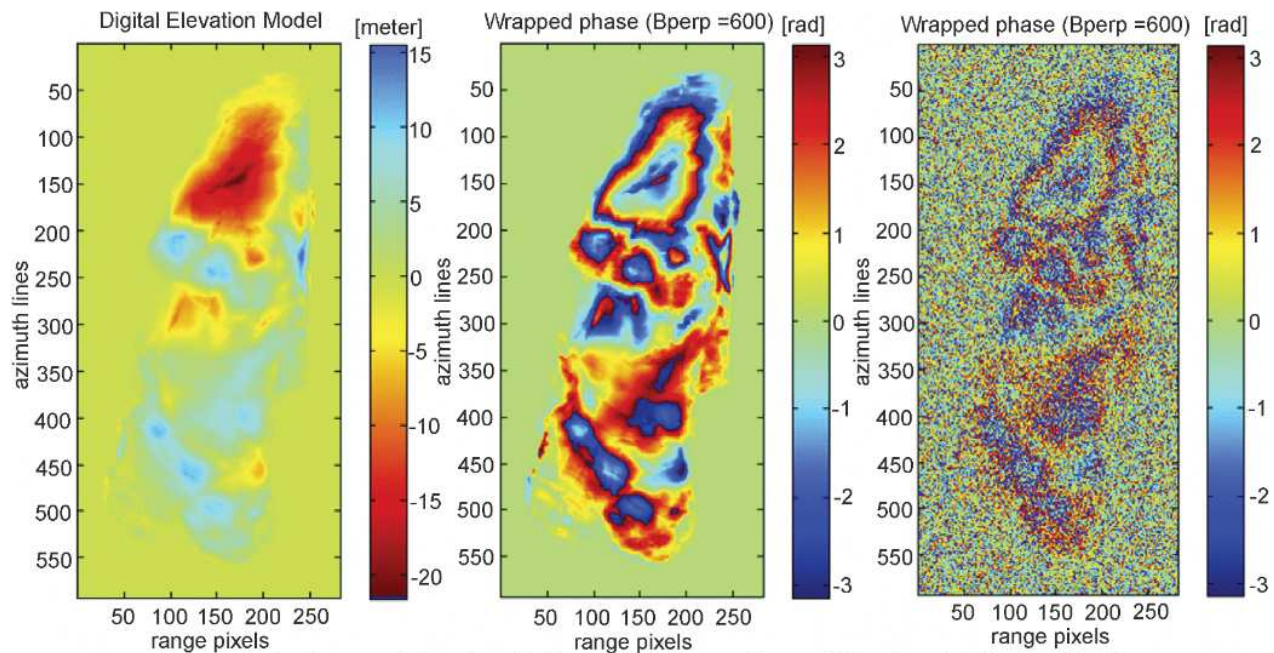


Kraków, 2015 r.

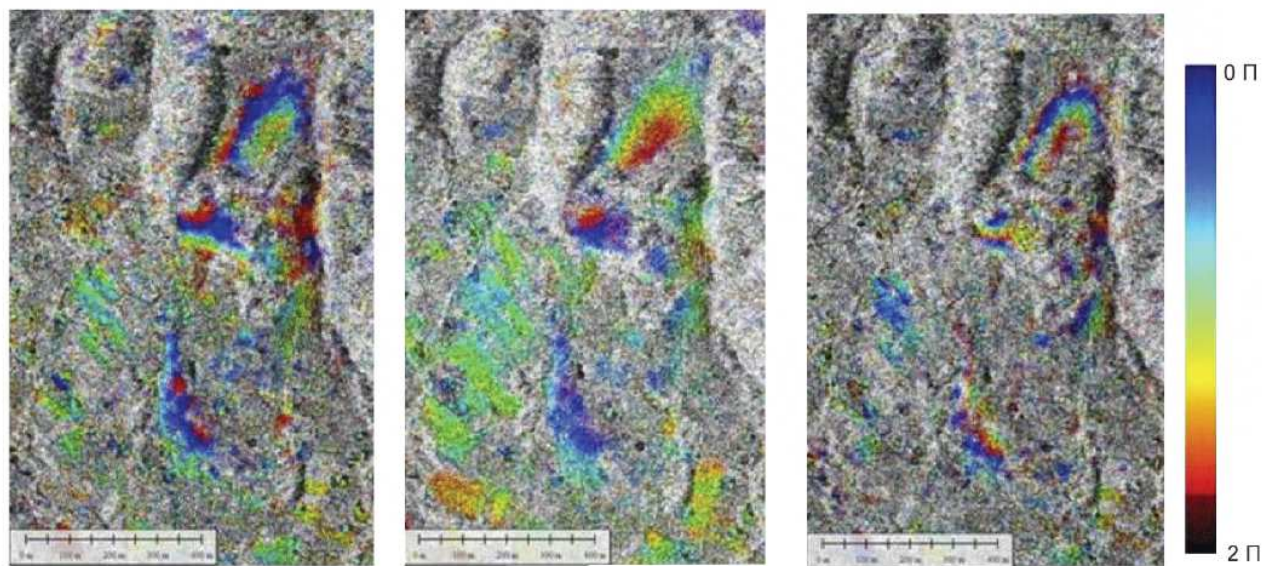
satelitarna interferometrija radarowa





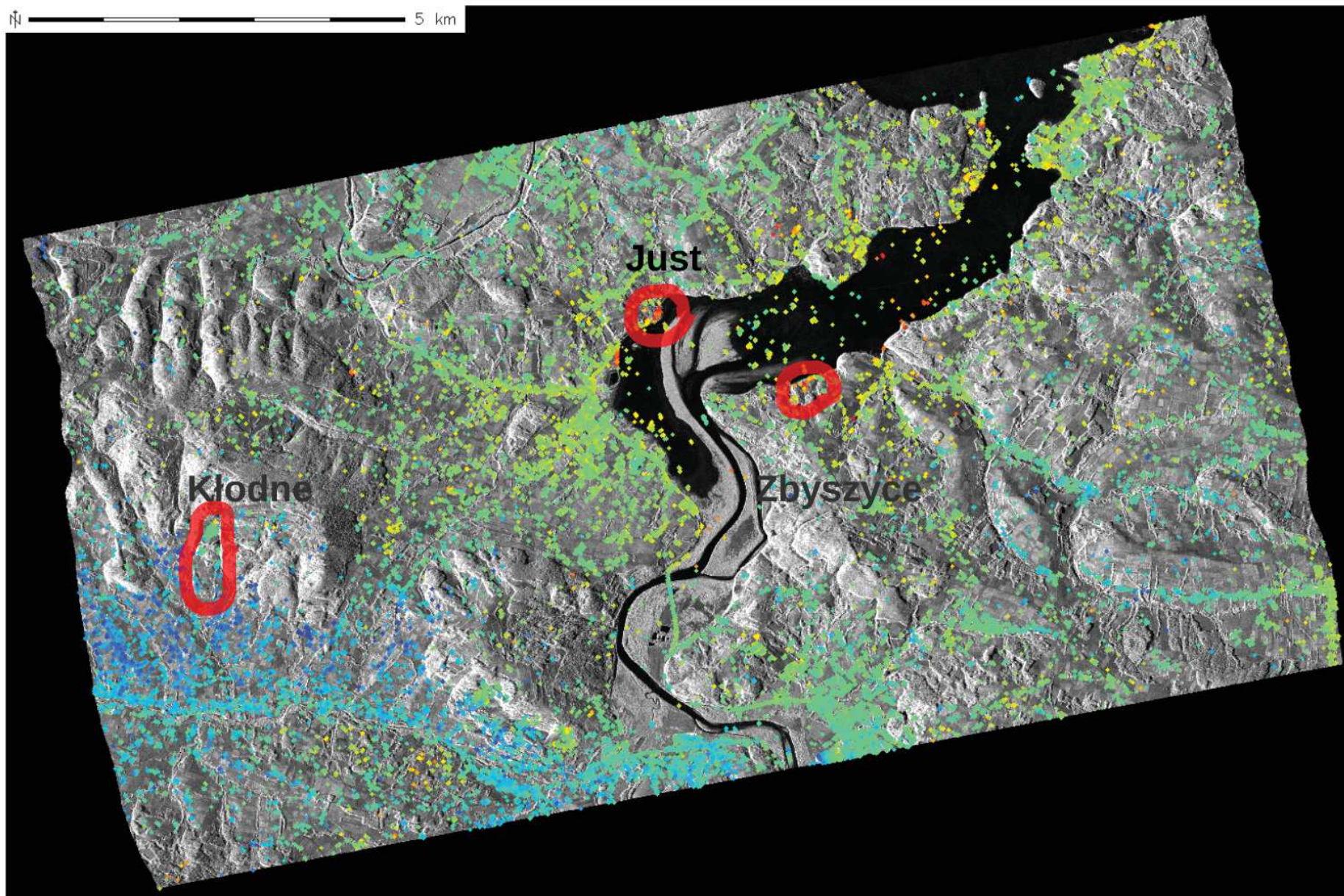


Interferometric simulation of deformation of the landslide in Kłodne

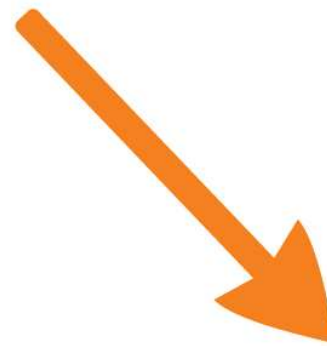


Sample interferograms from satellite data acquired by TerraSAR-X

Osuwisko w Kłodnem







monitoring powierzchniowy



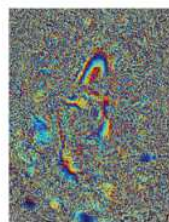
GNSS



naziemny
skaning
laserowy



lotniczy
skaning
laserowy



satelitarna
interferometria
radarowa



monitoring wgłębny

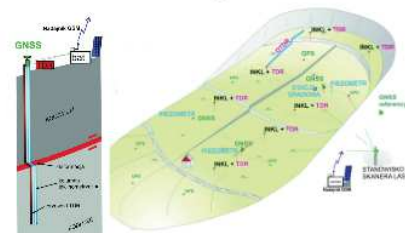


inklinometr



limnimetr

monitoring online



monitoring wgłębny



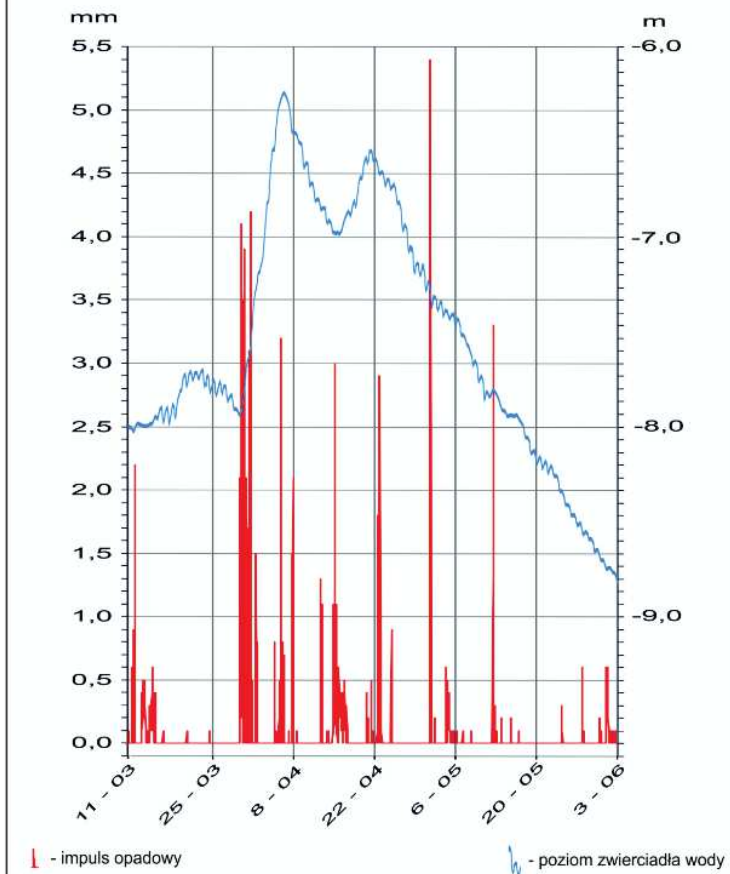
inklinometr



limnimetr



ZESTAWIENIE OPADÓW I POZIOMU WODY



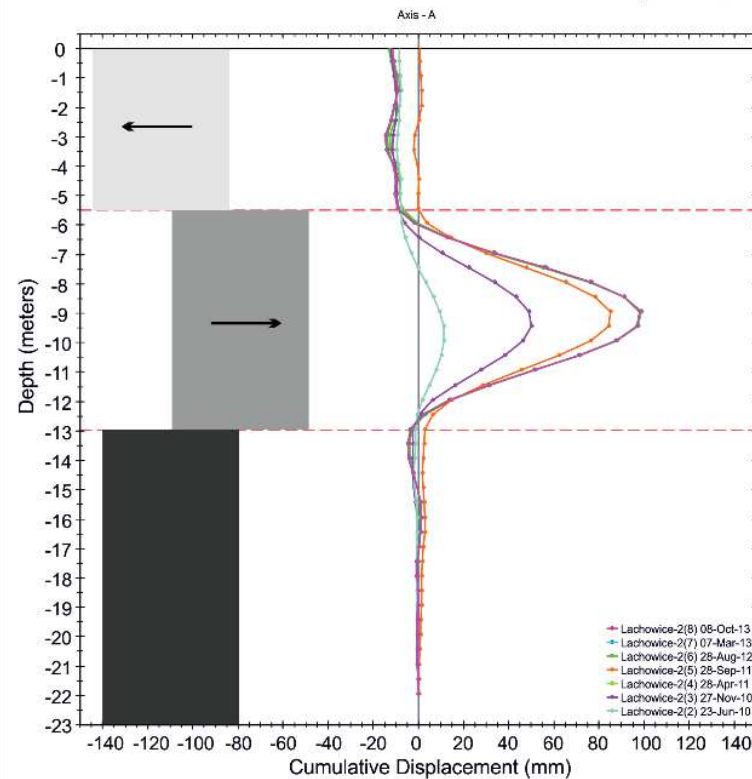
CUMULATIVE DISPLACEMENT

RST Instruments Ltd.

Borehole : Lachowice-2
Project : INKLINOMETRY
Location : Lachowice
Northing : 49042
Easting : 19027
Collar : 466.09 m n.p.m.

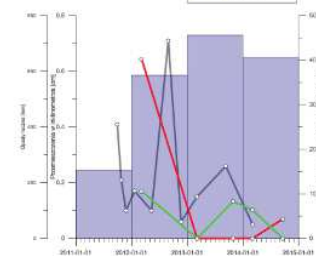
Inclinanalysis v. 2.47.0

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 22.0 meters
A+ Groove Azimuth : 170
Base Reading : 2009 Oct 20 15:14

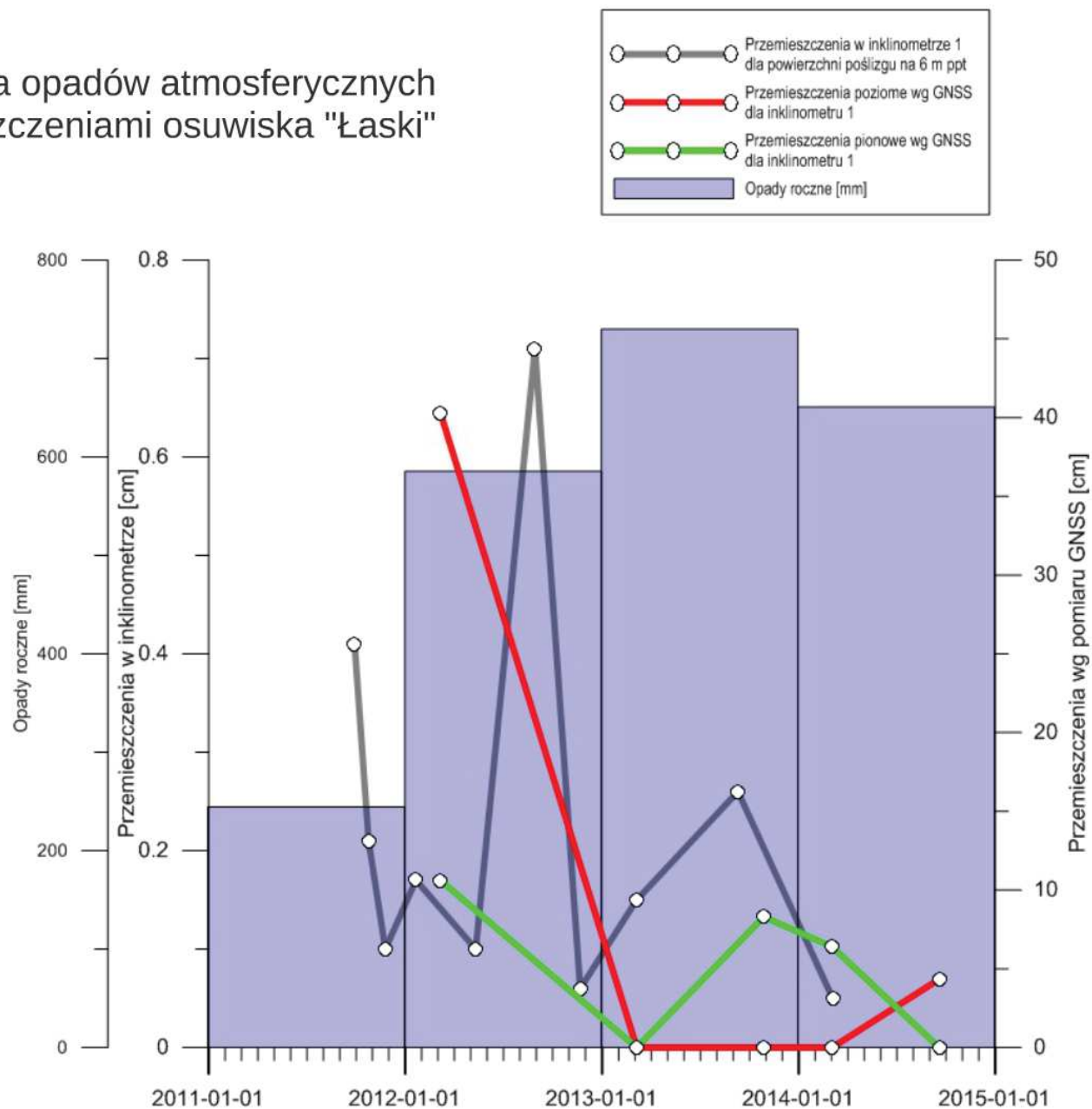


Osuwisko w Lachowicach

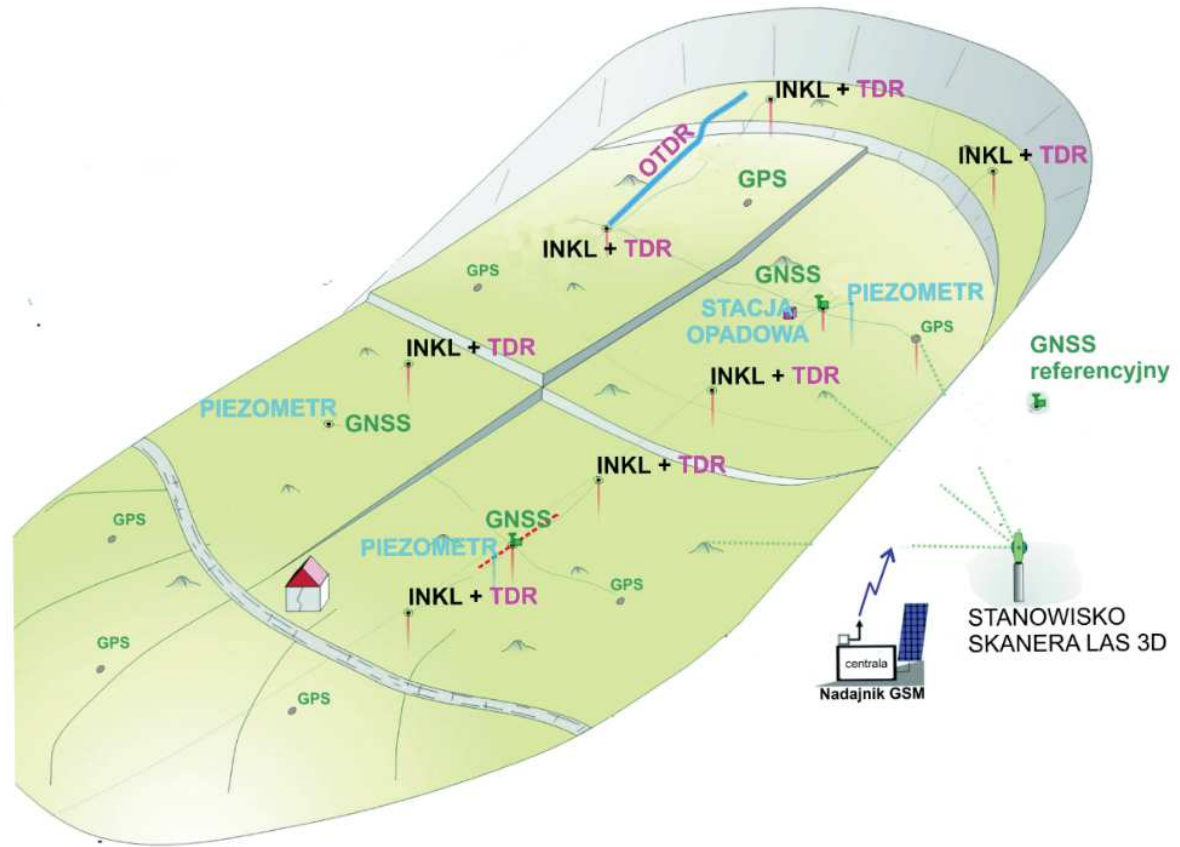
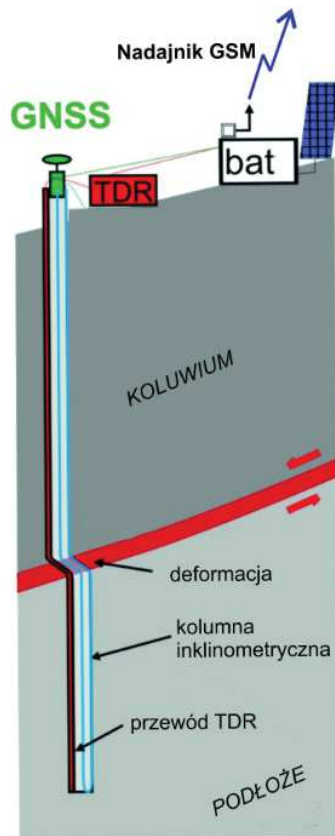
korelacja opadów atmosferycznych
z przemieszczeniem osuwiska "Łaski"



korelacja opadów atmosferycznych z przemieszczeniami osuwiska "Łaski"



monitoring online



Analizy wielowymiarowe

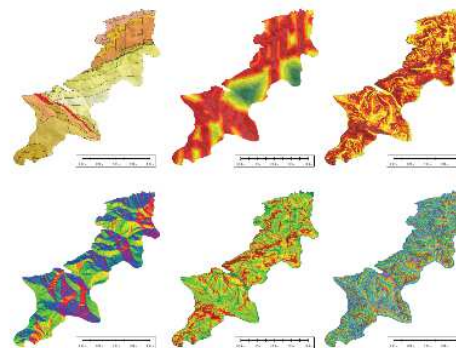
Podatność osuwiskowa - możliwość wystąpienia ruchu masowego na danym obszarze ze względu na stniejące tam specyficzne warunki środowiskowe.

Ryzyko osuwiskowe - przewidywana wielkość strat w wyniku osunięcia mas skalnych

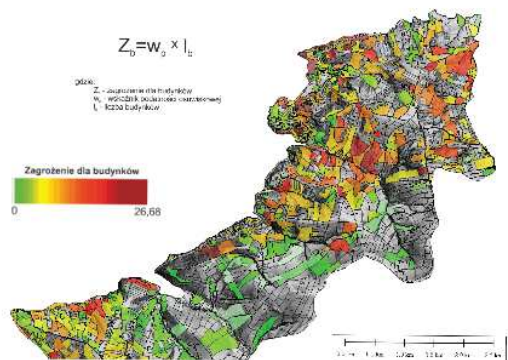


fol. Parski Z., 2011.
Osuwisko w Milówce

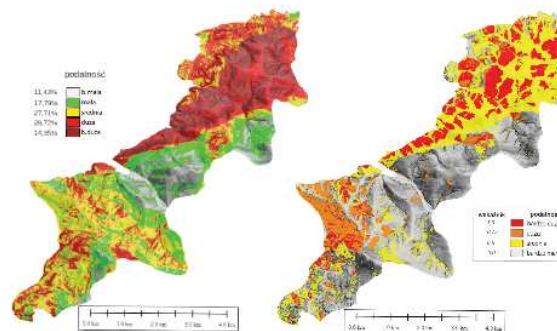
czynniki bierne -
definiujące uwarunkowania geośrodowiskowe



Ryzyko osuwiskowe dla budynków w granicach
działek ewidencyjnych

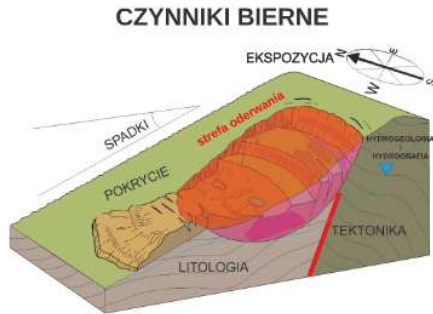


Mapy podatności osuwiskowej



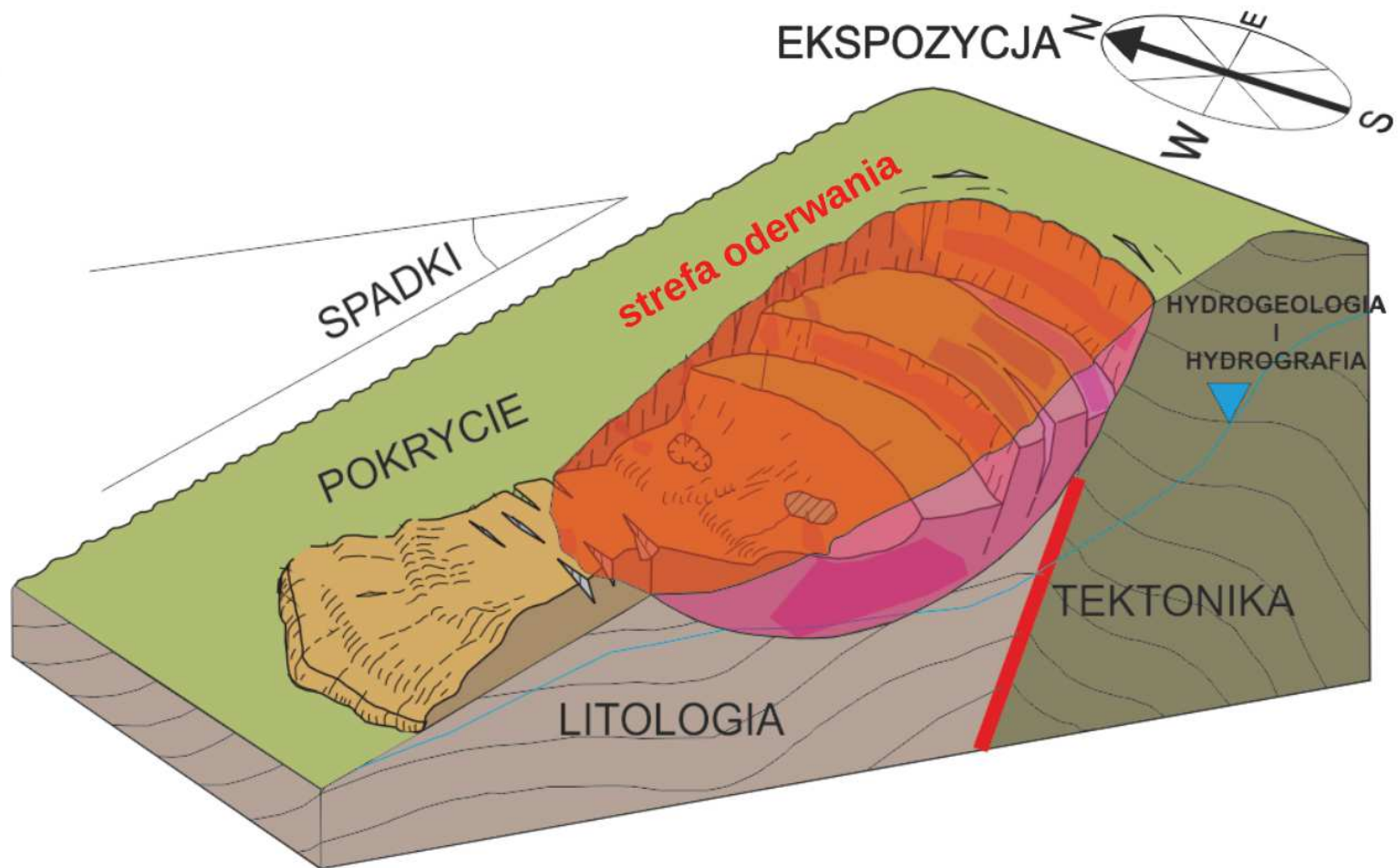
Podatność osuwiskowa - możliwość wystąpienia ruchu masowego na danym obszarze ze względu na stniejące tam specyficzne warunki środowiskowe.

Ryzyko osuwiskowe - przewidywana wielkość strat w wyniku osunięcia mas skalnych

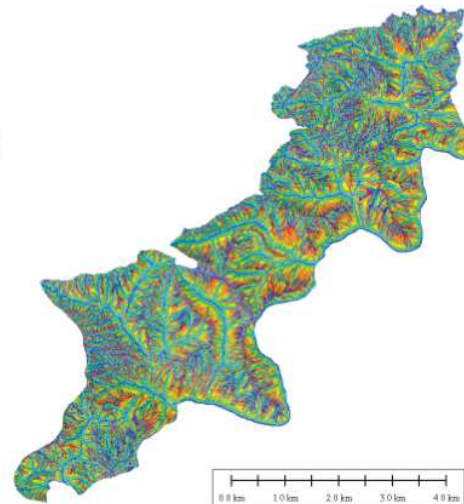
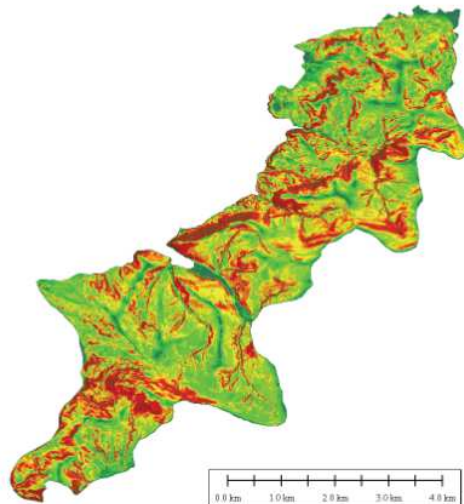
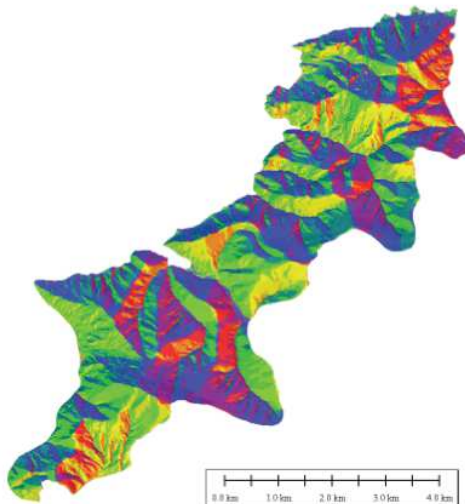
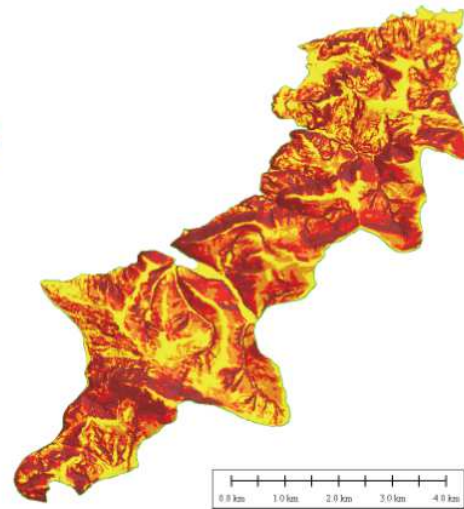
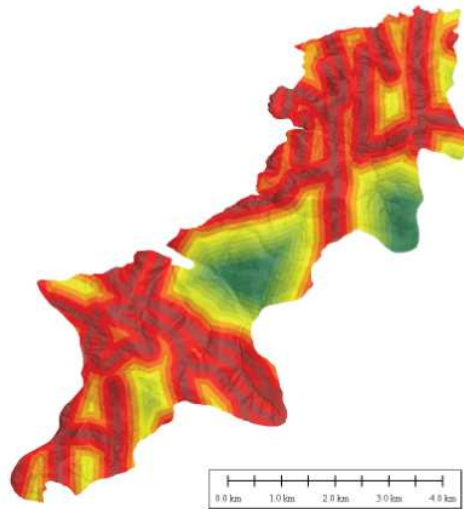
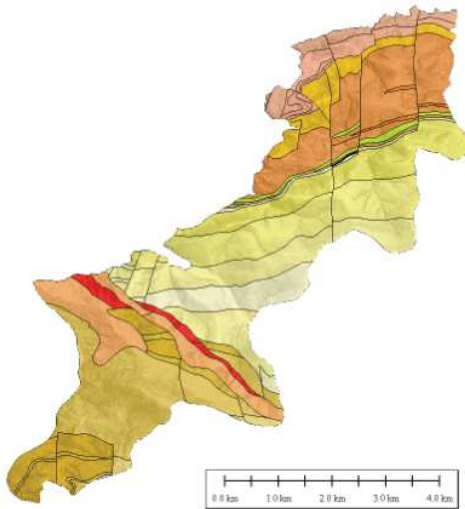


Osuwisko w Milówce

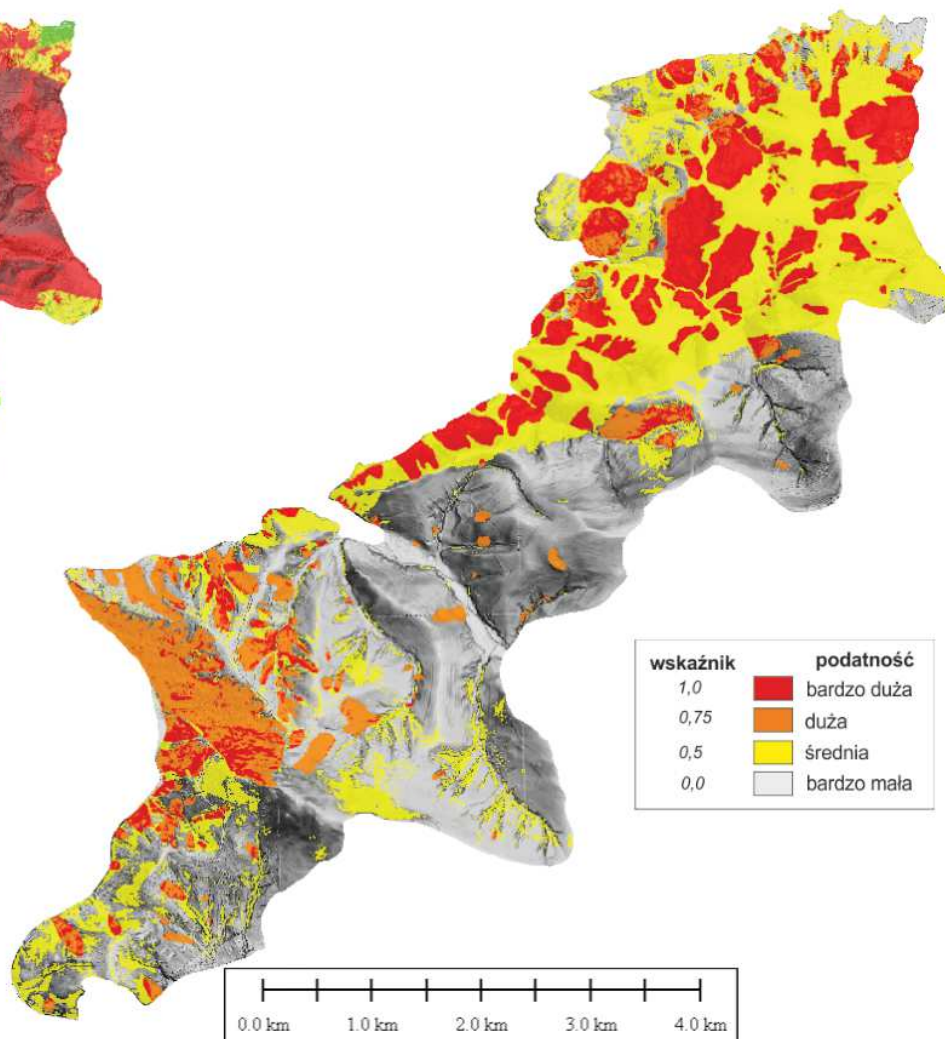
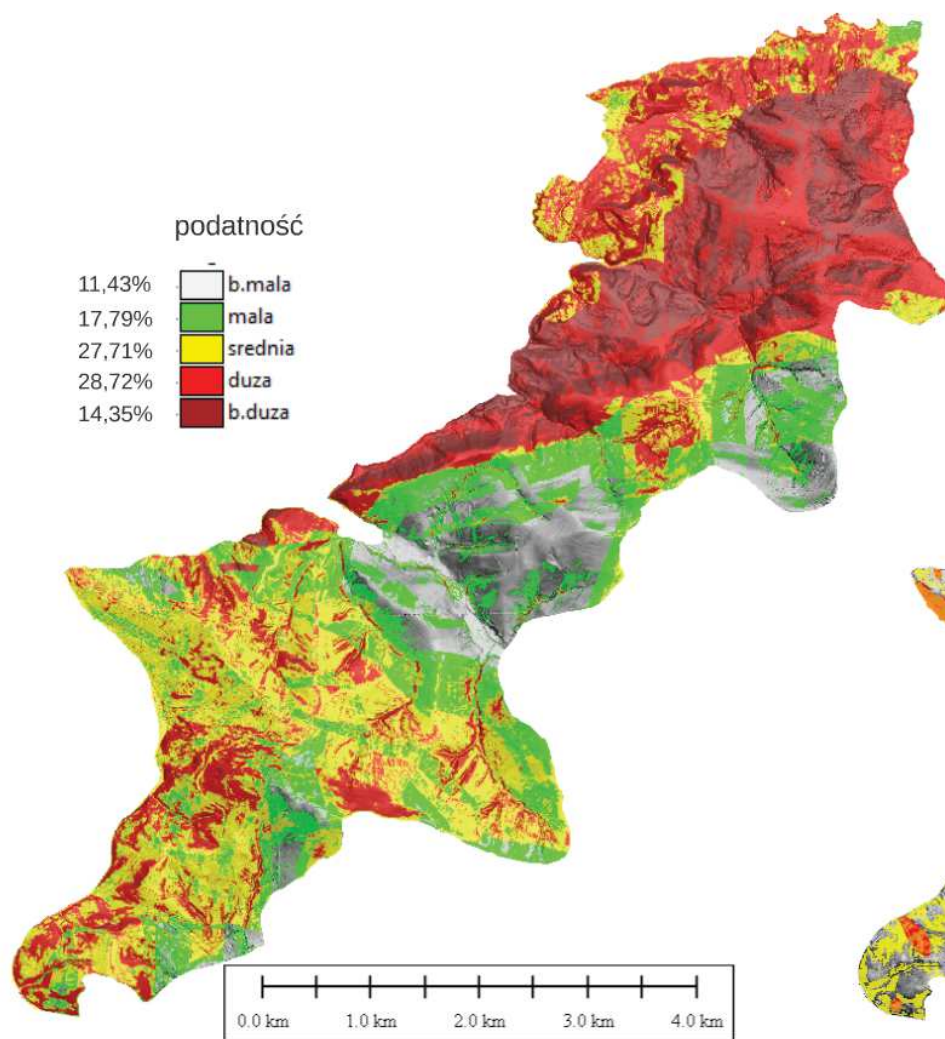
CZYNNIKI BIERNE



czynniki bierne - definiujące uwarunkowania geośrodowiskowe



Mapy podatności osuwiskowej



Ryzyko osuwiskowe dla budynków w granicach działek ewidencyjnych

$$Z_b = w_p \times I_b$$

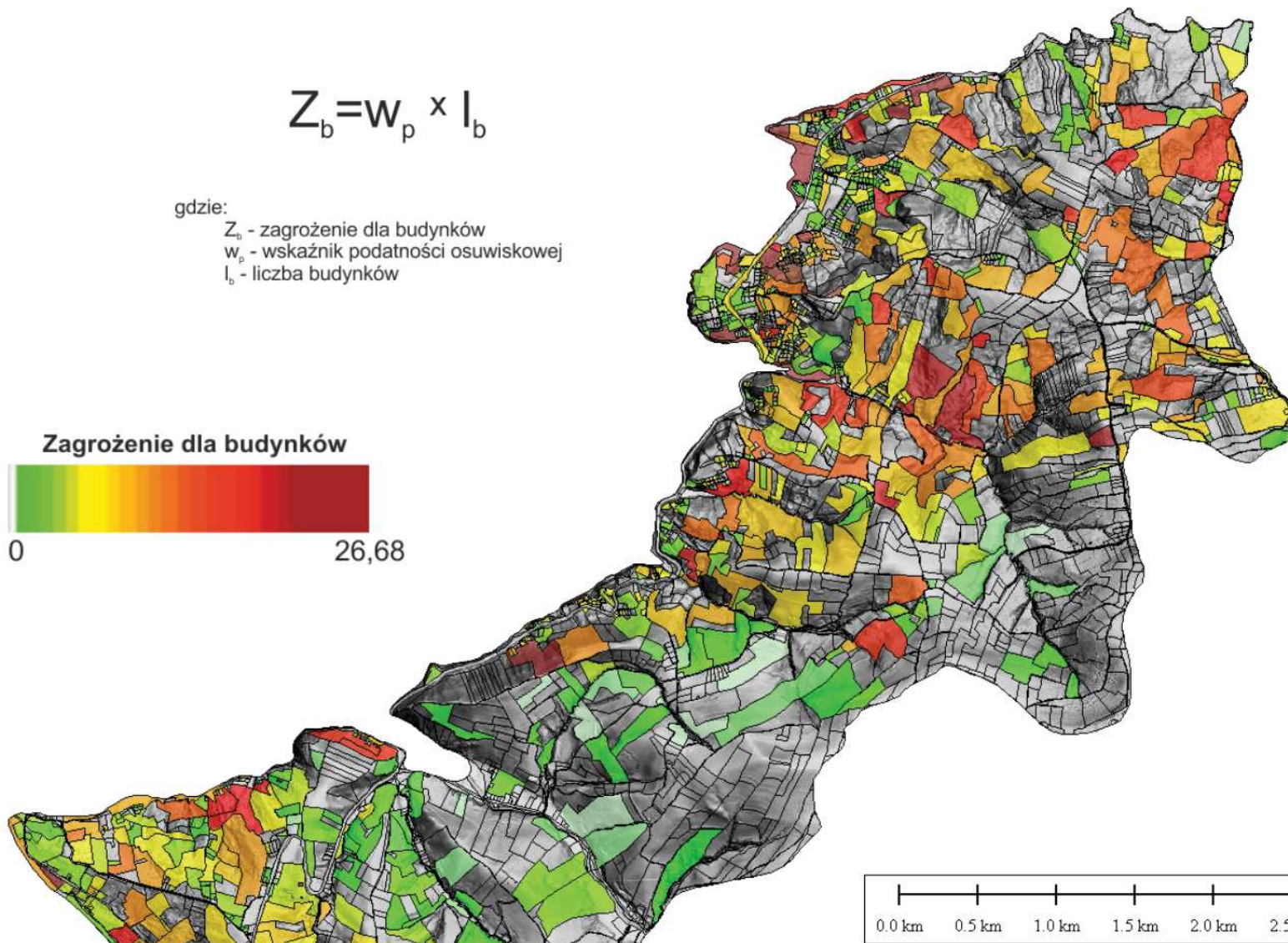
gdzie:

Z_b - zagrożenie dla budynków

w_p - wskaźnik podatności osuwiskowej

I_b - liczba budynków

Zagrożenie dla budynków



PODSUMOWANIE:

Dobrze prowadzony monitoring osuwisk powinien opierać się na:

- **ogólnie przyjętych standardach** (układy odniesienia, normy jakościowe)
 - nigdy nie wiadomo kto będzie kontynuował monitoring
- **doświadczeniu w badaniach osuwisk**
 - należy wiedzieć co się mierzy i w jakim zakresie
- **uzasadnionym ekonomicznie zdrowym rozsądku**
 - dobór metod do problemu (nie wszystkie metody sprawdzają się w każdych warunkach)

Monitoring powinien służyć celom utylitarnym, wykorzystywanym do wczesnego ostrzegania i prognozowania zachowania się obiektów w czasie zdarzeń katastrofalnych.

Sugerujemy, aby monitoring osuwisk był koordynowany (lub conajmniej opiniowany) przez państwową służbę geologiczną.

Wskazane jest krytyczne podejście dla wdrażanych nowych metod badań osuwisk

ZAPRASZAMY DO DYSKUSJI